



А. Я. КОГАН

**Эксплуатация
и ремонт
трамваев
и троллейбусов**



Л. Я. КОГАН

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТРАМВАЕВ И ТРОЛЛЕЙБУСОВ

*Д о п у щ е н о
управлением кадров и учебных заведений
Министерства жилищно-коммунального
хозяйства РСФСР в качестве учебника
для учащихся техникумов по специальности
«Эксплуатация, ремонт и энергоснабжение
городского электротранспорта»*



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1979
SCANNED by E69 2009

ББК 39.8
К57
УДК [629.433+621.335.43][.004+004.67]

Лев Яковлевич Коган

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТРАМВАЕВ И ТРОЛЛЕЙБУСОВ

Рецензенты *А. Н. Максимов, В. И. Пахомова*
Обложка художника *Ю. Е. Фролова*
Редакторы *А. А. Перова, И. К. Петушкова*
Технический редактор *Н. И. Первова*
Корректор *В. Т. Агеева*

ИБ № 1327

Сдано в набор 26.02.79	Подписано к печати 08.05.79.	Т-07539
Формат бумаги 60×90 ^{1/16}	тип. № 2. Гарн. литературная.	Печ. высокая
Печ. л. 17	Уч.-изд. л. 19,35	Тираж 15 000 экз. Зак. тип. 1984.
Изд. № 1-1-2/5 № 9262		Цена 80 коп.
Издательство «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а		

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Хохловский пер., 7.

ОТ АВТОРА

Интенсивное развитие городского общественного пассажирского транспорта направлено на обеспечение потребностей населения в передвижении. В настоящее время пассажирский транспорт общественного пользования в Советском Союзе перевозит свыше 40 млрд. пассажиров в год. Причем, перевозки городского электрического транспорта (трамвая и троллейбуса) составляют в год около 19 млрд. пассажиров. Население 146 городов пользуется троллейбусом и 109 городов — трамваем, а всего наземный городской электрический транспорт (ГЭТ) эксплуатируется в 182 городах нашей страны.

Разрабатываемые комплексные схемы развития всех видов городского пассажирского транспорта для городов с численностью населения более 250 тыс. человек предусматривают повышение качества обслуживания пассажиров, в основе которого лежат снижение времени ожидания и передвижения, рост безопасности движения, улучшение комфортных условий пребывания в подвижном составе, автоматизацию систем регулирования, использование обособленных полос или путей для движения общественного транспорта, снижение шума и загазованности воздушного бассейна городов.

Современные комфортабельные трамвайные вагоны и троллейбусы, поступающие в эксплуатацию, отличаются высокой надежностью всех основных узлов и агрегатов, плавностью хода, высокими динамическими качествами, привлекательным внешним видом. Важнейшей задачей эксплуатации пассажирского транспорта является не только повышение надежности, но и снижение затрат на поддержание необходимого уровня технической готовности подвижного состава. Решение этой задачи сосредоточено в научно обоснованных методах технической эксплуатации и повышении производительности труда, достигаемой широкой механизацией процессов ремонта и технического обслуживания, снижением трудоемкости работ, увеличением межремонтного пробега подвижного состава и его агрегатов.

Для поддержания парка подвижного состава ГЭТ в технически исправном состоянии необходимо использовать достижения науки и практики в области как совершенствования технологических процессов ремонта и технического обслуживания, так и организации и управления производством.

Коган Л. Я.
К57 Эксплуатация и ремонт трамваев и троллейбусов.— М.: Транспорт, 1979.— 272 с., ил., табл.

В пер.: 80 коп.

В книге изложены вопросы технического обслуживания и ремонта подвижного состава городского наземного электрического транспорта — трамвая и троллейбуса, приведены состав оборудования и технические устройства эксплуатационно-ремонтных баз, рассмотрены способы восстановления и контроля состояния деталей, узлов и агрегатов.

Книга рассчитана на учащихся техникумов по специальности «Эксплуатация и ремонт подвижного состава (трамвая и троллейбуса)». Она будет полезна также работникам, занимающимся ремонтом и эксплуатацией этого вида транспорта.

К 31804-097 — 097-79. 3604000000
049(01)-79

ББК 39.8
6Т3

Современные методы технической эксплуатации базируются на планово-предупредительной системе ремонта и технического обслуживания подвижного состава; для их обоснования используют математический аппарат, ориентируясь на высокую техническую оснащенность депо, внедряемые средства механизации и диагностики.

Высокоорганизованная техническая эксплуатация подвижного состава, восстановление современными способами утраченного в процессе работы уровня надежности, неразрушающий контроль качества и диагностика технического состояния являются важнейшей составной частью системного решения вопросов повышения эффективности работы предприятий ГЭТ.

Все эти вопросы рассмотрены в данной книге, предлагаемой вниманию читателя.

ГЛАВА I

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАМВАЯ И ТРОЛЛЕЙБУСА

Поездки пассажиров обычно подразделяют на трудовые (к месту работы и обратно) и культурно-бытовые, связанные с социально-культурными и общественно-хозяйственными интересами жителей. Непрерывный рост числа поездок, приходящихся на одного жителя в год, происходит в основном вследствие расширения территорий городов, концентрации производства и культурно-торговых центров.

Удовлетворить потребности жителей города в перемещениях призван городской транспорт, который является массовым видом транспорта общественного пользования; он способен в короткое время переместить значительную массу пассажиров из одного пункта в другой и не занимает значительных площадей городской территории, удовлетворяясь ее частью, отведенной для дорог.

Стоимость площади территории города растет из года в год, поэтому соотношение между территорией, находящейся под застройкой и зеленой зоной, и территорией, используемой для организации транспортного движения, должно быть технически и научно обосновано.

Создание необходимых условий для устойчивой и регулярной работы пассажирского транспорта, обеспечение безотказной работы транспорта общего пользования призваны удовлетворить потребности жителей города в транспортных перемещениях.

Основными видами городского транспорта общего пользования являются метрополитен, трамвай, автобус, троллейбус и таксомоторные транспортные средства.

Каждый вид пассажирского транспорта имеет свои преимущества и недостатки.

Метрополитен — самый пассажироёмкий вид городского транспорта, самый безопасный, быстрый и надежный. К недостаткам его можно отнести малую разветвленность сети, обусловленную трудоемкостью строительства и большими первоначальными капитальными вложениями, относительно большую затрату времени пассажирами при поездках на близкое расстояние, большие эксплуатационные расходы, на покрытие которых идет значительная часть доходов от перевозки пассажиров.

Автобусный транспорт обладает наибольшей маневренностью, не требует при эксплуатации больших капитальных затрат. Он особенно удобен для пассажирских перевозок в районах города, разви-

вающихся в направлении как жилищного, так и производственного строительства. Однако автобусный транспорт имеет меньшую надежность, осуществляет загрязнение воздушного бассейна городов отработанными газами; кроме того, автомобильный транспорт, к которому относится автобус, является одним из главных источников шума в городах.

Из всех видов наземного пассажирского транспорта трамвай обладает наибольшей провозной способностью (двух- и трехвагонные поезда), имеет самую низкую себестоимость перевозок, наиболее надежен в эксплуатации. К недостаткам его относятся высокие первоначальные капитальные затраты, сложность архитектурной компоновки линий трамвая в городском ансамбле, дополнительные сложности при регулировании движения на перекрестках и отсутствие возможности маневрирования. Действительно, трамвайные пути, расположенные по проезжей части улиц, ограничивают движение безрельсового транспорта; движение безрельсового транспорта по трамвайным путям сокращает срок их службы, загрязняет их, что ведет к усилению износа пути и части конструктивных элементов трамвая.

Следовательно, с точки зрения работы всех видов транспорта целесообразна организация трамвайных перевозок на обособленном рельсовом полотне. Пропуск трамвайных поездов в туннелях мелкого заложения, в сочетании с обособленным рельсовым полотном, открывает возможности применения для массовых пассажирских перевозок трамвая скоростного типа. Скоростной трамвай, имея многие преимущества метрополитена, свободен от его недостатков. При относительно больших расстояниях между остановочными пунктами линий (800—1000 м) для такого трамвая не требуется заметного повышения динамических качеств подвижного состава, что позволяет использовать современные трамвайные вагоны на скоростных линиях.

Троллейбусу свойственны многие преимущества автобусного транспорта, он обеспечивает комфортабельность перевозок, обладает высокими динамическими качествами, бесшумен в эксплуатации и гигиеничен. Вместе с тем троллейбус не лишен ряда недостатков — ограниченная маневренность, значительные первоначальные капитальные затраты, дополнительные технические сложности в оборудовании контактной сетью городских площадей, ограниченные скорости при проезде спецчастей контактной сети.

Маневренность троллейбуса может быть повышена при обеспечении возможности его кратковременного передвижения от автономного источника энергии; в этом случае опускают и затем снова устанавливают штанги токоприемника на контактный провод. В настоящее время ведутся работы в этом направлении.

Организация обслуживания пассажиров предусматривает использование всех видов городского пассажирского транспорта с учетом технико-экономической эффективности их использования.

Специфической особенностью наземного городского электрического транспорта (ГЭТ) является его эксплуатация в общем транс-

портном потоке на улицах города; наличие большого количества остановочных пунктов с малыми расстояниями между ними; часто меняющиеся режимы движения, вызываемые изменяющейся дорожной обстановкой; неравномерность загрузки подвижного состава по часам работы и зависимость его от источника питания и характера энергоносителя.

Эти особенности накладывают заметный отпечаток на эксплуатацию, конструкцию, технические требования и реализуемые возможности подвижного состава, осложняют работу эксплуатационных предприятий и обслуживающих подразделений.

Движение троллейбуса и трамвая в общем транспортном потоке вызывает необходимость поддерживать их конструктивные и технические возможности на уровне всех других видов транспорта, участвующих в движении по городским улицам. Динамические, скоростные, габаритные и другие технико-экономические качественные оценки этого подвижного состава должны соответствовать аналогичным качественным оценкам других транспортных средств, работающих в одном дорожном потоке. Особенно это относится к динамическим и скоростным качествам, связанным с режимным регулированием дорожного движения, безопасностью движения и скоростью сообщения. Главным показателем, характеризующим технико-экономическую эффективность использования подвижного состава, является скорость сообщения, определяющая затраты времени пассажира на поездку и материальные затраты предприятия.

Движение в общем транспортном потоке вызывает дополнительные издержки на износ и поддержание работоспособности электрического и механического оборудования подвижного состава наземного ГЭТ, обусловленные воздействием на него грязи, пыли, газа, гари и влаги, содержащихся в окружающей среде. Локализация этого воздействия вызывает дополнительные затраты на мероприятия по уплотнению, изоляции, антикоррозионным и декоративным покрытиям как при изготовлении, так и при технической эксплуатации подвижного состава.

Требования по обеспечению необходимого уровня оптимального транспортного обслуживания населения, характеризующегося общим временем, затрачиваемым пассажирами на передвижение, вызывают необходимость создания большого количества остановочных пунктов. В общее время передвижения пассажиров входит время на подходы к остановкам транспорта, от них до пункта назначения, время ожидания транспорта на остановке и передвижения на транспорте. Общее время передвижения пассажиров зависит от плотности пассажирской транспортной сети, т. е. от длины улиц, обслуживаемых пассажирским транспортом, приходящейся на 1 км² площади города.

Необходимый уровень транспортного обслуживания населения обеспечивается тогда, когда расстояние от любого пункта нахождения пассажира до маршрутов движения транспорта находится в пределах 300—400 м, расстояние между остановочными пунктами транспорта общего пользования не превышает 350—450 м и экс-

платационная скорость транспорта в современных условиях составляет 18—20 км/ч. Малые расстояния между остановочными пунктами, обилие средств регулирования дорожного движения и воздействие общего транспортного потока вызывают непрерывно изменяющиеся режимы движения трамвая и троллейбуса с частыми торможениями и пусками.

Принятое расположение электрического оборудования наземного ГЭТ под полом кузова резко увеличивает вероятность попадания на него влаги и грязи с проезжей части и является дополнительным фактором, усложняющим его конструкцию и условия технической эксплуатации.

Кривые малых радиусов, большое количество спецчастей рельсовой и контактной сетей и условия работы рельсового пути в общей конструкции дорожного покрытия вызывают повышенный износ механического оборудования ходовых частей трамвая и рельсового пути и дополнительные затраты на поддержание работоспособности этих элементов. Отсутствие в конструкции силовой передачи троллейбуса и трамвая элементов, ограничивающих передаваемый вращающий момент, а также электромагнитные процессы в токопроводящих элементах силовой цепи электрического транспорта требуют повышенной надежности элементов конструкции и большего объема работ в процессе технической эксплуатации подвижного состава.

Неравномерное по часам суток наполнение пассажирами салонов подвижного состава вызывает необходимость эксплуатировать на маршруте количество подвижного состава, удовлетворяющее потребности в перевозках наибольшего пассажирского потока, которое имеет место в пиковые часы перевозок, и снимать с движения часть подвижного состава в часы спада пассажиропотоков.

Маршрутизация наземного ГЭТ, исключая возможность движения по направлениям, имеющим меньшую интенсивность движения, влияние на работоспособность подвижного состава суточного и сезонного колебания температуры, атмосферные осадки, дорожная пыль и грязь являются дополнительными факторами, определяющими сложность и особенность эксплуатации подвижного состава наземного электрического транспорта.

Специфические условия эксплуатации подвижного состава ГЭТ предъявляют соответственно высокие требования к его конструкции и технической эксплуатации. В круг этих требований входят безотказность в эксплуатации, безопасность в движении, удобства при посадке и высадке пассажиров, высокая работоспособность спецчастей контактной сети и рельсового пути, устойчивое электроснабжение и современные средства диспетчерского управления движением, необходимое инженерное оборудование улиц и другие требования.

Выполнение этих требований при конструировании, изготовлении и эксплуатации подвижного состава, зданий и сооружений депо позволяет эффективно использовать подвижной состав ГЭТ и обеспечивать требуемый уровень пассажирских перевозок.

2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГЭТ

Оценка эксплуатационной работы предприятий, его хозяйственной деятельности основывается на глубоком и всестороннем анализе выполнения плановых заданий, возможностей и темпов развития, использования внутренних резервов производства. Целевые мероприятия мероприятия по повышению качества и эффективности работы разрабатывают на основе результатов сопоставления ожидаемых и достигнутых показателей.

Технико-экономические показатели отражают все стороны производственной, эксплуатационной и хозяйственной деятельности предприятия. Достижение необходимого уровня этих показателей предусматривается взаимосвязанными разделами различных плановых заданий. Основным показателем работы эксплуатационного предприятия является пробег подвижного состава. На основе этого показателя даются количественные оценки различных сторон деятельности предприятия.

Для выполнения заданного плана пробега необходимо иметь соответствующее инвентарное количество подвижного состава и поддерживать его в высокой технической готовности.

Подвижной состав, числящийся на инвентаре предприятия A_n , входит в основные фонды, его количество определяется следующим образом:

$$A_n = A_n + A_n - A_n,$$

где A_n — количество подвижного состава, числящееся на начало планируемого периода (календарного года); A_n — количество подвижного состава, поступающего на предприятие за оцениваемый период; A_n — количество подвижного состава, выбывающего по различным причинам за тот же период.

В связи с тем, что в течение контролируемого периода инвентарное количество подвижного состава изменяется, пользуются показателем MD_x — машино-дни нахождения подвижного состава на предприятии. Если количество подвижного состава не изменилось за оцениваемый период, то

$$MD_x = A_n d_n,$$

где d_n — число календарных дней в контролируемом периоде.

Если значение A_n изменилось, то

$$M \cdot D_x = A_n \cdot d_1 + A_n \cdot d_2 - A_n \cdot d_3,$$

где d_1, d_2, d_3 — соответствующее число календарных дней пребывания единиц подвижного состава на предприятии за оцениваемый период.

Весь подвижной состав предприятия не может участвовать в работе, так как часть его находится в плановых и текущих ремонтах,

а часть — в резерве. Поэтому оценка ведется по коэффициенту выпуска α_v , который определяется за рассматриваемый период как отношение количества подвижного состава, выпущенного из депо для отработки пробега, к инвентарному количеству подвижного состава:

$$\alpha_v = MD_p : MD_x,$$

где MD_p — машино-дни работы подвижного состава на маршрутах города; MD_x — машино-дни нахождения подвижного состава в депо.

Для того чтобы депо работало с требуемым коэффициентом выпуска, количество единиц подвижного состава, готового к выпуску, должно быть больше, чем предусмотрено планом выпуска. Коэффициент технической готовности парка подвижного состава всегда должен быть больше коэффициента выпуска:

$$\alpha_{тг} = (A_v + A_{рез}) : A_n = \alpha_v + \alpha_{рез}.$$

Считается нормальным, если коэффициент резерва $\alpha_{рез} = 3\%$. При большем резерве следует добиваться повышения планируемого коэффициента выпуска и, следовательно, пробега. Высокое качество ремонта и технического обслуживания приводит к уменьшению числа единиц подвижного состава, находящегося в текущем ремонте.

Продолжительность работы на маршруте исчисляется с момента выхода из депо каждой единицы подвижного состава до момента ее возвращения в депо, исключая запланированное время на обед водителей и отстоя подвижного состава в соответствии с расписанием. Среднесуточная продолжительность работы за календарный период одной единицы подвижного состава на маршруте $t_{сс}$ определяется как отношение машино-часов в движении $M_{ч_{дв}}$ к машино-дням работы MD_p :

$$t_{сс} = M_{ч_{дв}} : MD_p.$$

Среднесуточная продолжительность работы зависит от объема и характера перевозок, ее величина устанавливается расписанием движения.

Средняя эксплуатационная скорость $v_э$ является одним из важнейших показателей работы:

$$v_э = L_{общ} : M_{ч_{дв}},$$

где $L_{общ}$ — пробег, выполненный подвижным составом за отчетный период, км; $M_{ч_{дв}}$ — машино-часы работы подвижного состава за этот же период, ч.

Чем выше эксплуатационная скорость, тем меньше затраты времени на передвижение у пассажиров и расходы предприятий на выполнение заданного объема перевозок, так как заданный объем работы можно выполнить при меньшем количестве подвижного состава.

Общим пробегом является путь, измеряемый в километрах, с учетом нулевых пробегов, пройденный подвижным составом на маршрутах. Нулевым называют пробег подвижного состава из депо

до пункта маршрута, от которого начинается работа, и с конечного пункта маршрута до депо по окончании работы. Общий пробег подвижного состава за отчетный период определяет объем предоставленных предприятием услуг пассажирам:

$$L_{общ} = M_{ч_{дв}} v_э.$$

Так как $M_{ч_{дв}} = MD_p : t_{сс}$, а $MD_p = A_n d_{кв} \alpha_v$, то общий пробег определяют как

$$L_{общ} = A_n \cdot d_{кв} \alpha_v \cdot t_{сс} v_э.$$

Общий годовой пробег подвижного состава

$$L_{общ.г} = 365 A_n \alpha_v t_{сс} \cdot v_э.$$

Общий пробег подвижного состава, т. е. фактически выполняемый (натуральный), показывает только количество километров, проследованных подвижным составом эксплуатационного предприятия, но не характеризует, какое количество пассажиров воспользовалось им и какими затратами, в частности электроэнергии, выполнен этот пробег для перевозки пассажиров.

Пробег с пассажирами представляет собой пробег исправного подвижного состава на маршрутах.

В целях оценки ряда других показателей и получения необходимых сравнительных данных пользуются, кроме показателя «пробег с пассажирами», и пробегом, приведенным к специально выбранному параметру.

Если одна группа подвижного состава, выполняющего натуральный пробег, по вместимости отличается от другой, то вводят коэффициенты приведения, оценивающие это отличие от базовой вместимости. При этом пробег, выполненный подвижным составом, будет не натуральным, а приведенным по его вместимости:

$$L_{прив} = L_1 \kappa_1^в + L_2 \kappa_2^в + \dots + L_n \kappa_n^в,$$

где $L_1, L_2, \dots, L_n$ — пробег, выполненный соответственно однотипными по вместимости группами подвижного состава; $\kappa_1^в, \kappa_2^в, \dots, \kappa_n^в$ — коэффициент приведения вместимости подвижного состава к базовой.

Пусть вместимость базового подвижного состава m , а вместимость групп подвижного состава, участвующих в выполнении натурального пробега, соответственно $m_1, m_2, \dots, m_n$; тогда

$$\kappa_1^в = m_1 : m; \quad \kappa_2^в = m_2 : m; \quad \dots; \quad \kappa_n^в = m_n : m.$$

Аналогично рассчитывается приведенный пробег по расходу электроэнергии на 1 км натурального пробега, по трудоемкости ремонта и технического обслуживания в человеко-часах и т. д.

Для оценки качества обслуживания населения пассажирским транспортом используются различные показатели, но важнейшими из них являются наполняемость на приведенный по вместимости

1 км пробега, регулярность движения и выбытие подвижного состава из движения.

Наполняемость подвижного состава H характеризует до некоторой степени качество предоставленных пассажирам услуг:

$$H = Q : L_{\text{прив}}$$

где Q — объем перевозок за календарный период, тыс. пассажиров; $L_{\text{прив}}$ — приведенный по вместимости пробег подвижного состава, км.

Регулярность движения (выполнение планируемого расписания движения) оценивается отношением числа r_v выполненных рейсов (в строгом соответствии с расписанием) к числу рейсов r_n , предусмотренному расписанием движения на данном маршруте или по предприятию в целом:

$$P_o = r_v : r_n \cdot 100\%.$$

При выполнении рейса допускают некоторое отклонение от расписания из-за неравномерного транспортного напряжения по трассе маршрута, непредвиденного нарушения ритма движения, случайных остановок в пути следования и т. п. По РСФСР отклонение от расписания регламентируется и допускается в пределах 1—2 мин — при этом считается, что рейс выполнен строго по расписанию. Регулярность движения по маршруту, таким образом, зависит не только от полного выпуска подвижного состава на маршрут и от регламентированного выполнения каждого рейса, но и от безотказной работы подвижного состава, работающего на маршруте.

Подвижной состав, выпущенный на линию, некоторое время может не участвовать в движении в соответствии с расписанием: прибыть на пункт регулирования движения по маршруту с опозданием, временно не участвовать по какой-либо причине в движении (простой), вернуться в депо (возврат) из-за отсутствия возможности участвовать в перевозке пассажиров по маршруту.

Для пассажира неважно, по какой причине — технической или организационной — в конкретный момент времени на данном маршруте не было трамвая или троллейбуса, предусмотренного расписанием движения. Знать эти причины необходимо эксплуатационному предприятию, чтобы принять меры по их ликвидации.

Общее число выбытий из движения, отнесенное к числу единиц подвижного состава, участвовавшего в движении, и выраженное в процентах, характеризует уровень технической, организационной, эксплуатационной и экономической готовности депо к выполнению своих обязанностей. Не менее важен показатель, содержащий суммарное время (линейное), потерянное подвижным составом из-за выбытий из движения. С точки зрения пассажира этот показатель наиболее важен при характеристике качества работ, особенно если учетные данные будут дифференцированы по часам суток (часы «пик», часы открытия и закрытия движения и т. п.).

Уровень потерь линейного времени (в процентах) определяется как отношение общего времени отсутствия подвижного состава в движении к общему времени нахождения его на линии за рассматриваемый период.

В реальных условиях эксплуатации можно добиться того, что при относительно большом выбытии подвижного состава из движения потери линейного времени будут относительно малы. Это обеспечивается своевременной заменой подвижного состава, выбывшего из движения, подвижным составом, готовым к движению.

Для организации процесса перевозок пассажиров городским электрическим транспортом необходимы определенные затраты средств — эксплуатационные расходы депо. Эксплуатационные расходы можно условно разделить на две части. В одну из них входят затраты, часть которых не изменяется, а часть изменяется незначительно в зависимости от выполненного предприятием пробега и объема перевозок; это так называемые постоянные расходы. В другую часть расходов входят затраты, величина которых изменяется в зависимости от выполненного пробега; эти расходы называют переменными. К постоянным расходам относят заработную плату инженерно-технического персонала, амортизационные отчисления по зданиям, сооружениям, оборудованию и другим основным фондам предприятия, затраты на освещение, отопление, водоснабжение и другие статьи накладных расходов. Постоянные расходы составляют большую часть всех расходов депо; их принято приводить на машино-час, машино-день или на среднесписочную единицу подвижного состава.

К переменным относят затраты, идущие на оплату электроэнергии, израсходованной на движение подвижного состава, затраты на его техническое обслуживание и ремонт, амортизационные отчисления по подвижному составу, а также для троллейбусных депо, затраты на восстановление износа и ремонт шин. Считается возможным к переменным расходам относить заработную плату водителей, так как она пропорциональна часам работы водителей. Правомочность этого обусловлена тем, что эксплуатационная скорость строго определена расписанием движения, следовательно, зарплата водителей пропорциональна выполненному пробегу подвижного состава.

В эксплуатационных расходах амортизационные отчисления занимают заметное место. Предприятия ГЭТ производят амортизационные отчисления в виде определенного процента от стоимости основных фондов и активности их использования. Предназначены амортизационные отчисления для оплаты расходов на капитальный ремонт и на полное восстановление или замену основных средств предприятия.

Себестоимость перевозки пассажиров определяется отношением суммы затрат P на перевозочный процесс к объему перевозок Q (количество перевезенных пассажиров) за календарный период:

$$S = P : Q.$$

При расчете себестоимости перевозки пассажиров не учитываются расходы предприятия, производимые за счет средств амортизации (приобретение подвижного состава, его капитальный ремонт и т. д.), так как сами амортизационные отчисления учтены в общих расходах предприятия.

3. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГЭТ

Трамвайные и троллейбусные депо, эксплуатирующие современный подвижной состав, оснащены оборудованием, обеспечивающим высокую производительность и качество технического обслуживания, ремонта и восстановления узлов и агрегатов подвижного состава.

Неизменность тарифов на проезд в трамвае и троллейбусе, изменение сроков амортизации подвижного состава, требования по дальнейшему повышению качества выполняемых работ, повышение культуры обслуживания пассажиров требуют непрерывного повышения эффективности эксплуатации подвижного состава.

Главным направлением повышения эффективности является обеспечение такой величины пробега подвижного состава, которая удовлетворяет потребность пассажиров в поездках. При этом необходимо комплексное решение задач повышения эффективности эксплуатации и качества обслуживания пассажиров, предусматривающее целенаправленные воздействия на все факторы, которые определяют деятельность депо. Основными из этих факторов являются высокая техническая готовность парка подвижного состава к выполнению планируемого пробега и рациональная организация движения подвижного состава на маршрутах города.

Необходимая техническая готовность парка подвижного состава обеспечивается высоким качеством выполнения технического обслуживания и ремонта подвижного состава; механизацией процессов производства; использованием достижений науки и техники при восстановлении деталей; пооперационным контролем качества и функционирования ремонтируемых узлов и агрегатов с широким использованием инструментов, приборов и контрольно-диагностических средств; строгой технологической дисциплиной и регламентным ведением работ; непрерывно совершенствующейся системой управления производством с внедрением автоматизированных процессов учета информации и принятия решений. Эффективность выбранного направления по повышению технической готовности будет тем значительнее, чем полнее учтены присущие конкретному предприятию условия эксплуатации.

Уровень надежности подвижного состава, находящегося в эксплуатации, будет тем в меньшей степени отличаться от уровня надежности нового подвижного состава, изготовленного промышленными методами, чем в большей степени ремонт и техническая экс-

плуатация его будут приближены к промышленному производству, основой которого являются специализация и кооперация, механизация и унификация, строгая технологическая дисциплина и широкое внедрение в процессы производства достижений науки и техники.

На техническую готовность парка подвижного состава оказывает заметное влияние обеспеченность депо запасными частями и деталями. Сократить потребности в запасных частях можно бережным отношением к сопряженным деталям, так как только переборка сопряжения без какого-либо ремонта или замена одной из сопрягаемых деталей резко снижают его работоспособность.

Уровень технической готовности парка подвижного состава значительно повышается при хорошо организованной подготовке производства депо к выполнению предусмотренных объемов технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

Следствием этого является снижение времени простоя подвижного состава в плановом техническом обслуживании и ремонте и, самое главное, во внеплановом текущем ремонте. Уменьшение числа единиц подвижного состава, находящегося в текущем ремонте, или снижение времени их простоя в любом виде ремонта приводят к повышению количества технически исправного подвижного состава, готового к работе.

Рациональная организация движения подвижного состава является не только одним из важнейших факторов, обеспечивающих выполнение планируемого пробега, но и фактором, оказывающим большое влияние на уровень технического состояния парка подвижного состава. От организации движения зависят условия выполнения пробега, характеризующиеся количеством пусков и торможений, режимом вождения и дорожной обстановкой, наполняемостью и рассредоточением пассажиропотока, безопасностью движения и многими другими факторами, которые влияют на техническое состояние подвижного состава. Рациональная организация предусматривает регулярность движения, уменьшает число случаев выбытия подвижного состава из движения и, что не менее важно, повышает престижность наземного ГЭТ.

Большие резервы, использование которых обеспечит повышение эффективности эксплуатации подвижного состава, содержатся в достигаемом уровне эксплуатационных скоростей трамвая и троллейбуса, которые значительно ниже конструктивных. Повышение эксплуатационных скоростей требует незначительных материальных затрат и во многом зависит от организации движения. Повышение эксплуатационной скорости обеспечивает большую провозную способность подвижного состава, снижение его наполняемости, уменьшение себестоимости пассажирских перевозок, экономичный расход электроэнергии на движение и т. д.

Обособленные полосы движения для троллейбуса и обособленный рельсовый путь для трамвая, пересечения в разных уровнях и исключение помех движению подвижного состава позволяют не только повысить эксплуатационные скорости, но и существенным образом повлиять на выполнение пробега.

С этих позиций весьма большие перспективы открываются перед скоростным трамваем. Обособленное полотно, пересечения в разных уровнях с другими видами транспорта, ограждения от помех, создаваемых посторонним транспортом и пешеходами, увеличенные расстояния между остановочными пунктами, автоматизация средств регулирования и контроля движения обеспечивают перспективность этого вида наземного электрического транспорта.

Новый подвижной состав ГЭТ с бесконтактными системами управления (тиристорно-импульсное регулирование), бортовой диагностической аппаратурой, сигнализирующей о техническом состоянии ряда узлов и агрегатов, более совершенными устройствами токосъема, надежно работающим оборудованием и повышенным ресурсом работоспособности резко повысит эффективность эксплуатации. Реализация предоставляемых возможностей зависит от готовности работников депо и предприятий ГЭТ к его эксплуатации, непрерывного совершенствования организации производства и управления движением.

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГЭТ

Техническая документация депо определяет требования, предъявляемые к подвижному составу и условиям его эксплуатации. Соблюдение этих требований обеспечивает высокое качество технического обслуживания и ремонта, эффективность и безопасность эксплуатации подвижного состава.

Основными документами, определяющими требования, порядок, форму организации и работу депо по эксплуатации трамвая и троллейбуса, являются Правила технической эксплуатации (ПТЭ), Правила деповского осмотра и ремонта, инструкции должностные и технологические. Все разрабатываемые для депо инструктивные документы, технические условия и руководящие указания должны строго соответствовать требованиям ПТЭ.

Техническая документация депо содержит набор утвержденных для обязательного исполнения документов, которые отражают порядок содержания и технического обслуживания подвижного состава, технологический процесс ремонта и инструкции по эксплуатации узлов и агрегатов, правила техники безопасности и противопожарной техники, состояние, режим работы и обслуживания технологического оборудования депо и средств защиты окружающей среды. Техническая документация дисциплинирует работающих требованиями обязательности исполнения и ответственности за допущенные нарушения. В то же время условия работы в депо должны обеспечивать возможность выполнения требований, изложенных и утвержденных к исполнению в технической документации.

ПТЭ обуславливают основные положения, определяющие порядок работы подвижного состава; параметры и нормы содержания важнейших сооружений и технических устройств, создающих нор-

мальные условия эксплуатации трамвая или троллейбуса; технические требования, предъявляемые к подвижному составу, сооружениям и устройствам, обеспечивающим требуемые производительность и качество работы подвижного состава в сочетании с высокой безопасностью движения. В ПТЭ приведены некоторые нормы износа и перечислены характерные неисправности, при которых не допустима эксплуатация подвижного состава; дан перечень обязательных видов технического обслуживания (осмотров) и ремонтов, необходимых для нормальной эксплуатации.

На основе ПТЭ разработаны и введены в действие Правила деповского осмотра и ремонта, которые определяют систему и последовательность выполнения работ при ремонте и техническом обслуживании подвижного состава. Правила содержат нормальные размеры и допуски для основных деталей и узлов, порядок оценки технического состояния ряда агрегатов, а также неисправности основных узлов и агрегатов, при которых запрещен выпуск подвижного состава в эксплуатацию.

Транспортные происшествия из-за технической неисправности подвижного состава происходят очень редко, но могут сопровождаться серьезными последствиями. Поэтому к эксплуатируемому подвижному составу предъявляют жесткие требования, соблюдение которых обеспечивается контролем технического состояния. *Учетная документация*, которая ведется в депо, объективно отражает состояние подвижного состава, уровень организации его технической эксплуатации и помогает выявить недостатки в работе. Основным документом учета является паспорт на трамвай или троллейбус и паспорта на основные их агрегаты. В эти паспорта регулярно записывают долю участия в исполненном пробеге на маршрутах города каждой единицы подвижного состава и отдельных ее агрегатов, ремонтные и технологические воздействия, произведенные в течение этого пробега, характер выполненных работ и ряд других данных.

Характеристики ремонтов и технического обслуживания устанавливают подробный перечень работ, выполняемых в обязательном порядке на троллейбусе и трамвае в процессе их эксплуатации. Эти характеристики должны быть хорошо известны обслуживающему персоналу, а их соблюдение контролируется инженерно-техническим персоналом депо. При выполнении планового ремонта и технического обслуживания все необходимые работы, не предусмотренные характеристикой данного вида ремонта или обслуживания, фиксируются в дефектной ведомости.

Состояние подвижного состава отражается в *журнале технической эксплуатации*, который ведется в эксплуатационном депо. В журнале указывается инвентарный парк подвижного состава, готовность его к работе на маршрутах, пономерное распределение по видам ремонта подвижного состава, не учитываемого в выпуске на маршруты, объем предстоящего ремонта и выполненная работа на фиксированное в парке время суток.

Данные технического учета являются основой для поиска путей повышения эффективности технической эксплуатации подвижного

состава: обеспечения высокой технической готовности, регулярности движения, безотказности в работе, снижения трудовых и материальных затрат, создания крупных предприятий с организацией производства на промышленной основе.

Важное значение имеет учет дефектов и неисправностей основных узлов и агрегатов подвижного состава, так как в этом случае представляется возможным выявить работоспособность и долговечность как отдельных агрегатов и узлов, так и подвижного состава в целом. Необходимо иметь в виду, что недостаточные по объему или достоверности статистические данные, используемые для принятия решений, наносят больший вред, нежели отсутствие данных, задерживающих принятие каких-либо решений. По статистическим данным эксплуатации можно корректировать межремонтные пробеги, составлять заявки на запасные части и материалы, эффективней использовать ремонтный персонал и производственные площади, а также резервы производства.

Каждая единица подвижного состава обеспечивается *книгой трамвая или троллейбуса*, куда водитель по окончании работы на маршруте вносит запись о выявленных дефектах или замечаниях. Отсутствие замечаний также должно фиксироваться в этой книге. Заступающий на смену водитель по книге определяет, на какой агрегат или узел, имевший дефект в прошедшую смену, следует обратить особое внимание.

Главным документом, дающим право водителю выводить трамвай или троллейбус на пассажирский маршрут, является *путевой лист*, заверенный подписями представителя технической службы парка (о исправном техническом состоянии подвижного состава) и диспетчера по выпуску (о предоставлении водителю права выезжать на маршрут в назначенное время). Путевой лист заполняют в соответствии с нарядом подвижного состава.

Наряд подвижного состава — главный документ, на основе которого составляется расписание. Наряд служит руководством, определяющим объем работы по обеспечению перевозок населения подвижным составом. Наряд составляют на предоставляемое количество подвижного состава по часам работы для каждого маршрута с учетом протяженности нулевого пробега, начала и окончания движения. Нарядом определяют распределение подвижного состава по маршрутам, количество подвижного состава, направляемого для работы на маршруте, сменность, продолжительность работы машин и бригад, время начала и окончания работ. Учет колебаний пассажиропотоков по маршрутам и часам суток является основой правильного распределения подвижного состава в наряде по депо.

Наряд — приказ для водителя, регламентирующий его служебную деятельность; кроме того, он является также основой организации работ для ремонтного персонала депо и указывает, какие виды работ и в какое время суток будут выполняться. При составлении нарядов исходят из того, что на всех маршрутах должно своевременно начинаться движение и должно оставаться необходимое

количество машин, работающих до конца движения. Число их определяется максимально допустимым для данного маршрута интервалом движения.

Очередность снятия подвижного состава с маршрута устанавливается с учетом нулевых пробегов.

Расписание движения объединяет работу всех маршрутов. Движение машин строго по расписанию обеспечивается четкой работой службы движения и всех ее подразделений, а также исправным состоянием подвижного состава, тяговых подстанций, контактной и кабельной сетей.

Существуют два основных вида расписаний: маршрутное — на все машины, находящиеся в движении по маршруту; машинное — на каждую единицу подвижного состава, которым руководствуется водитель.

Маршрутное расписание — основа организации транспортного движения, представляет собой основной план движения по маршруту, на выполнение которого должны быть направлены усилия всех служб, связанных с движением подвижного состава. Расписание составляют на летний и на осенне-зимний периоды, на будние, субботние и воскресные дни. В расписание на осенне-зимний период закладывают более низкие эксплуатационные скорости движения транспорта, что определяется более сложными погодными и дорожными условиями.

В маршрутном расписании указывают: время выезда из депо, прибытия и отправления с конечной станции каждым рейсом, время прибытия в депо, суточную продолжительность работы, время смены бригад и обеденного перерыва. На основании маршрутного составляют *машинное расписание* на каждую единицу подвижного состава, которое предусматривает время отправления из депо, прибытия и отправления с конечной станции, время проследования через промежуточные контрольные пункты.

График движения — это графическое изображение движения на маршруте. Так же, как и маршрутное расписание, он представляет собой план эксплуатационной работы депо. Особое значение график движения приобретает при централизованном диспетчерском управлении движением.

Диспетчерское руководство обеспечивает не только управление движением, но и контроль за его работой, а также регулирование движения подвижного состава на маршрутах в целях выполнения расписания, с внесением необходимых оперативных изменений в зависимости от сложившейся обстановки на маршруте.

Управление движением возлагается на центрального диспетчера, которому подчиняются все остальные диспетчеры и линейные работники. Все указания и приказы центрального диспетчера должны строго и беспрекословно выполняться. Диспетчеры других хозяйств и служб транспорта (электрохозяйства, пути, подвижного состава, восстановительной службы, службы СЦБ и связи) оперативно подчинены центральному диспетчеру службы движения и обеспечивают выполнение его указаний.

Централизация диспетчерского контроля и управления движением осуществляется с помощью технических средств связи, сигнализации, телемеханики и автоматики.

В депо должны быть также документы (своего рода паспорта), содержащие необходимые сведения по всем схемам коммуникаций и устройств, обеспечивающим нормальный режим деятельности предприятия. Такие же паспорта должны быть на здания, сооружения, водопроводные, канализационные и тепловые сети, на сети электроснабжения и вентиляции. Все изменения, которые возникают в результате их ремонта, реконструкции или развития, должны быть отражены в этих паспортах.

ГЛАВА II

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Эксплуатационная деятельность предприятий ГЭТ и в первую очередь организация движения на пассажирских маршрутах города подведомственна исполкомам городских Советов народных депутатов. Работой по технической эксплуатации подвижного состава руководят местные управления, республиканские министерства коммунального хозяйства, имеющие в своем составе управления городского электрического транспорта. Местные управления имеют службу подвижного состава, которая направляет и организует работу трамвайных и троллейбусных депо.

Трамвайные и троллейбусные депо обеспечивают хранение подвижного состава, предусматриваемое для депо техническое обслуживание и ремонт, а также организуют работу подвижного состава на маршрутах города по перевозке пассажиров.

Подвижной состав ГЭТ как и любое другое техническое устройство представляет собой определенным образом упорядоченную структуру, состоящую из взаимосвязанных и режимно взаимодействующих элементов. Связи и взаимодействие между элементами определены их геометрическими размерами, электрическими и механическими соединениями, которые характеризуются определенными параметрами. Эти параметры обуславливают нормальное функционирование и работоспособность технического устройства в целом и отдельных его узлов и агрегатов. Параметры могут быть измерены физическими величинами непосредственным или косвенными методами.

В процессе эксплуатации устройств параметры технического состояния изменяются от первоначальных (номинальных) до предельных значений, установленных по техническим и экономическим соображениям целесообразности дальнейшего использования. Основной причиной изменения параметров технического состояния устройств являются сопровождающие эксплуатацию износ, утрата прочностных качеств, нарушения связей и т. д. Большое влияние на интенсивность изменений параметров оказывает режим работы.

Режим работы подвижного состава ГЭТ — это сочетание скорости движения и нагрузок в зависимости от условий, в которых выполняется эта работа, мастерства вождения и технического состояния подвижного состава. Соответствие условий эксплуатации техническим требованиям, достижение высоких скоростей движения с соблюдением плавности хода, экономичного расхода электроэнергии и безопасности для пассажиров и пешеходов, использование по-

движного состава, находящегося в высокой технической готовности к эксплуатации, обеспечивают регламентное изменение параметров и безотказность в работе.

Характер и специфичность условий работы подвижного состава вызывают различные, резко изменяющиеся значительные перегрузки ряда узлов, агрегатов и оборудования, интенсивный износ деталей и коррозионное разрушение поверхностей конструкции, в особенности кузова. Чтобы противостоять этим воздействиям, подвижной состав должен обладать высокой надежностью.

Профилактическое техническое обслуживание и ремонт, постоянный контроль и своевременное техническое воздействие способны поддерживать надежность подвижного состава в процессе эксплуатации на достаточно высоком уровне.

6. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГЭТ

Подвижной состав, используемый для перевозки пассажиров по маршрутам города, должен обеспечить выполнение большого объема работ при неуклонном соблюдении двух основных требований — регулярности движения и безопасности для пассажиров и пешеходов.

Ежедневно необходимое число единиц подвижного состава должно быть технически готово к работе на маршрутах города. Техническая готовность подвижного состава определяется соответствием его состояния требованиям ПТЭ и Правилам депоовского осмотра и ремонта. Это соответствие достигается выполнением в депо и на ремонтных предприятиях ГЭТ комплекса мероприятий и работ, обеспечивающих его работоспособность, путем регулярного контроля технического состояния, систематического технического обслуживания (осмотра) и высококачественного своевременно выполняемого ремонта.

В комплекс мер и технических воздействий, выполняемых в депо, входят организация хранения подвижного состава в перерывах между работой на пассажирских маршрутах; ежедневное обслуживание (осмотр) в межсменное время всего готовящегося к выпуску на линию подвижного состава; техническое обслуживание, выполняемое по принятому графику части подвижного состава после выполнения предусмотренного объема работ на маршрутах пассажирских перевозок (пробега); ремонт после выполнения трамваем или троллейбусом заданного объема работ (пробега) для восстановления работоспособности, утраченной в результате выполненного пробега.

Техническое обслуживание предусматривает выполнение мероприятий, снижающих интенсивность износа сопряженных деталей (мойку, очистку, смазку), и мероприятий, предупреждающих возникновение неисправностей (регулирующие, крепежные и другие

виды работ). Эти мероприятия носят профилактический характер. Восстановление утраченной работоспособности достигается устранением возникших в узлах, агрегатах и механизмах неисправностей, являющихся следствием выполненного объема работ (пробега), и заменой деталей и узлов, хотя и работоспособных, но исчерпавших ресурс работоспособности из-за износа, старения, коррозии и т. д.

Техническое обслуживание отличается от ремонта объемом выполняемых работ, требуемым временем, оснащенностью производственных участков для их выполнения, а также задачами, решаемыми при выполнении этих работ. Техническое обслуживание выполняется на подвижном составе в межсменное время и не лишает его возможности участвовать в работе по перевозке пассажиров. Для выполнения ремонтных работ трамвай или троллейбус снимают с линии. Кроме того, при техническом обслуживании не требуется для выполнения предусмотренного объема работ снимать с подвижного состава узлы и агрегаты, тогда как при ремонте обязательны их демонтаж. Ремонт предполагает разборку узла или агрегата, замену деталей, исчерпавших ресурс работоспособности, или восстановление их и последующую сборку. При техническом обслуживании выполняют операции, способствующие нормальному функционированию подвижного состава (контроль состояния, замену или пополнение смазки, регулировку, чистку и т. д.). Все неисправности и дефекты, выявленные при техническом обслуживании, подлежат устранению на специальных постах текущего (заявочного) ремонта.

Снижение затрат труда при техническом обслуживании и ремонте, высокое качество выполняемых работ, поддержание постоянной высокой работоспособности подвижного состава достигаются систематизацией производственных операций, строго определенным объемом выполняемых работ, регламентированным временем на выполнение операций технического обслуживания и ремонта, очередностью и последовательностью их выполнения. Организационно-техническое оформление такого порядка работ называют системой технического обслуживания и ремонта.

Существующие системы технического обслуживания и ремонта предусматривают выполнение необходимого комплекса работ или по истечении некоторого времени нахождения подвижного состава в эксплуатации, или по мере возникновения потребности в том или ином ремонтном или профилактическом воздействии, или в соответствии с заранее разработанным планом мероприятий по поддержанию технической готовности.

Практически на предприятиях ГЭТ применяются в той или другой мере все указанные системы: периодическая, по потребности и плано-предупредительная.

При периодической системе ремонтов и технического обслуживания трудоемкость работ на данной единице подвижного состава в конкретный период времени различна из-за отличия объема работ, произведенного машиной за прошедший период. Тем самым исклю-

чается плановость в работе ремонтных участков, нарушается стабильность коэффициента технической готовности, а эксплуатационное предприятие лишается возможности своевременно выполнять работы, предупреждающие возникновение отказов при эксплуатации.

Такая система целесообразна для некоторых узлов и агрегатов, техническое состояние которых определяется не объемом выполненных работ, а временем нахождения их в эксплуатации. Периодическая система в целом практически не применяется, однако некоторая часть узлов подвижного состава проходит обслуживание и ремонт по этой системе (сезонное обслуживание).

При системе ремонтов и технического обслуживания по потребности объем конкретного ремонта определяется количеством выявленных дефектов или неисправностей и поэтому в каждом конкретном случае он наименьший по сравнению с ремонтом при любой другой системе. В этом случае максимально используются эксплуатационные допуски и запас прочности деталей узлов и агрегатов. Эта система экономически целесообразна в первоначальный период эксплуатации подвижного состава из-за незначительных затрат труда и материальных средств.

Недостатками ее являются неравномерная загрузка ремонтных зон, отсутствие возможности планировать ремонтные работы, неоправданно большой складской запас деталей и материалов, резкие колебания числа единиц подвижного состава, требующих технического обслуживания и ремонта. Кроме того, количество технически готового к выпуску подвижного состава становится практически неуправляемым и резко возрастают суммарные затраты на эксплуатацию (ремонт и перевозку пассажиров).

Применяется эта система при эксплуатации невозстанавливаемых или одноразового пользования узлов и деталей (конденсаторов, резисторов, приборов и т. д.), но для подвижного состава в целом она неприемлема.

Планово-предупредительная система ремонтов обеспечивает плановое техническое обслуживание и ремонты, способствует предупреждению возникновения отказов и неисправностей в работе и соответствует оптимальным экономическим затратам эксплуатационного предприятия. Она предусматривает периодичность мероприятий и воздействий, связанных со временем нахождения подвижного состава в эксплуатации (окраску, пропитку изоляции и т. д.) и периодичность мероприятий и воздействий, связанных с пробегом — объемом выполненных работ. Эти мероприятия и воздействия предусматривают восстановление, замену деталей, устранение дефектов, еще не приведших к отказу в работе, и т. д.

Характерными для этой системы являются принудительный ремонт после нормируемого пробега, строго определенный объем выполняемых работ в каждом виде ремонта, предупредительное назначение проводимых ремонтов и технических обслуживаний, чередование ремонтов разной сложности и их повторяемость после определенного межремонтного пробега.

Принудительные ремонты и осмотры по истечении регламентированного пробега (работы) вне зависимости от технического состояния подвижного состава в данный момент времени позволяют предупредить значительное снижение уровня надежности трамвая или троллейбуса, исключить появление серьезных неисправностей в течение межремонтного пробега и обеспечить бесперебойную перевозку пассажиров.

Пробег подвижного состава между двумя одноименными смежными ремонтами называют межремонтным. Условия эксплуатации, качество используемых деталей, узлов, агрегатов и материалов, а также техническое совершенство конструкции подвижного состава оказывают самое заметное влияние на межремонтный пробег. Чем совершеннее конструкция трамвая или троллейбуса и выше качество материалов и исполнение применяемых деталей и узлов, чем лучше качество ремонта и технического обслуживания, чем выше квалификация ремонтного персонала и водителей, тем допустим больший межремонтный пробег и меньше затраты на эксплуатацию. Оптимальный межремонтный пробег для конкретных условий эксплуатации можно установить после обработки достаточного количества статистических данных по отказам узлов и агрегатов трамвая и троллейбуса, находящихся в эксплуатации.

Так как износ деталей, старение материала, потеря вязкостных свойств смазки, изменение физико-механических и физико-химических свойств большинства применяемых материалов, из которых состоит подвижной состав, зависят от пробега, то план-график ремонтов и технического обслуживания составляют исходя из данных о пробеге (работе) трамвая или троллейбуса.

Планово-предупредительная система ремонта в большинстве случаев не дает возможности дефектам накапливаться до той степени, чтобы они повлекли за собой отказ в работе и, тем самым, позволяет поддерживать необходимое количество подвижного состава в постоянном технически исправном состоянии. Эта система позволяет обеспечить безопасность движения, экономически целесообразна, способствует поддержанию коэффициента технической готовности парка подвижного состава на требуемом уровне. В настоящее время она применяется повсеместно, за исключением вновь сформированных предприятий ГЭТ, эксплуатирующих еще небольшое количество нового подвижного состава и не имеющих подготовленной ремонтной базы.

Действующая система технического обслуживания и ремонта непрерывно совершенствуется, так как совершенствуется подвижной состав, растет оснащенность и вооруженность техническими средствами эксплуатационных предприятий, изменяются условия эксплуатации подвижного состава, требования к нему, растет культура производства и эксплуатации. Система технического обслуживания и ремонта вводится в действие приказом Министерства жилищного и коммунального хозяйства республики. Для РСФСР с 1 июля 1975 г. введена в действие система планово-предупредительных ремонтов для всех эксплуатационных предприятий ГЭТ;

Таблица 1

Периодичность ремонтов трамвайных вагонов

Порядковый № в цикле	№ ремонта	Межремонтный пробег, тыс. км	Наименование вида ремонта	Нарастающий пробег, тыс. км
Первый цикл				
1	1	70	Малый	70
2	3	70	Средний	140
3	2	70	Малый	210
4	4	70	Капитальный 1-го объема	280
5	2	70	Малый	350
6	3	70	Средний	420
7	2	70	Малый	490
8	5	70	Капитальный 2-го объема	560
Второй цикл				
1	2	70	Малый	70
2	3	70	Средний	140
3	2	70	Малый	210
4	4	70	Капитальный 1-го объема	280
5	2	70	Малый	350
6	3	70	Средний	420
7	2	70	Малый	490
8	—	70	Полная амортизация	560

Таблица 2

Соотношение количества ремонтов за амортизационный период трамвайных вагонов

Наименование ремонтов	Количество ремонтов за весь срок службы вагонов	Процентное соотношение ремонтов
Малый	8	53,3
Средний	4	26,7
Капитальный 1-го объема	2	13,3
Капитальный 2-го объема	1	6,7

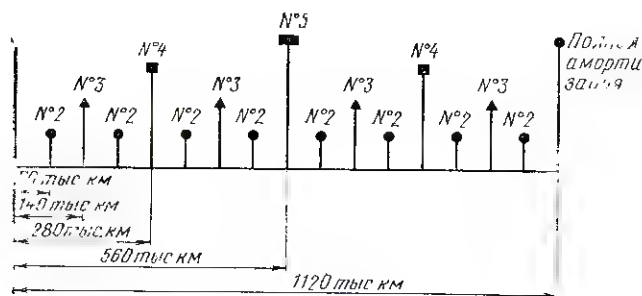


Рис. 1. Периодичность технического обслуживания и ремонта трамвайных вагонов

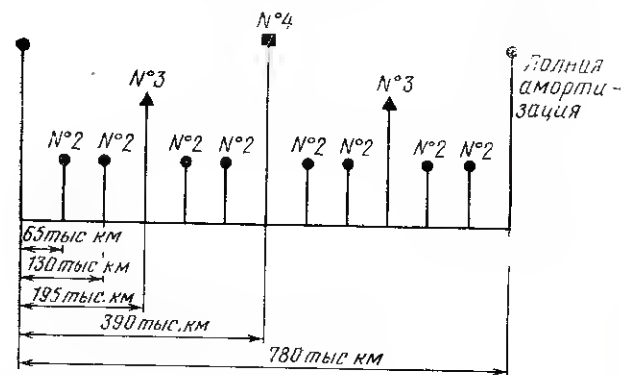


Рис. 2. Периодичность технического обслуживания и ремонта троллейбусов

она имеет некоторые принципиальные отличия от ранее действующей системы.

Система планово-предупредительных ремонтов предусматривает для трамвайных вагонов четыре вида ремонта, выполняемых через 70 тыс. км пробега (малый, средний, капитальный 1-го и 2-го объема), а для троллейбуса — три вида ремонта, выполняемых через 65 тыс. км пробега (малый, средний, капитальный).

В табл. 1—6 и рис. 1—2 приведены предусматриваемые системой порядок чередования ремонтов, соотношение количества ремонтов за амортизационный период и порядок технического обслуживания трамвайных вагонов и троллейбусов, действующие в РСФСР.

Система планово-предупредительных ремонтов трамвайных вагонов и троллейбусов предусматривает, таким образом, техническое обслуживание подвижного состава, включающее выполнение работ ежедневно до выхода на пассажирские маршруты, контрольно-профилактический осмотр два раза в неделю и ревизионно-предупредительный ремонт для трамвая один раз в 14—21 день, а для троллейбуса через 16—17 тыс. км пробега. Кроме этого, в техническое обслуживание трамвайных вагонов входит кантовка тележек, выполняемая через 25—35 тыс. км пробега.

Весь подвижной состав трамвая и троллейбуса до полной амортизации проходит два цикла плановых ремонтных воздействий. Ма-

Таблица 3

Система технического обслуживания трамвайных вагонов без снятия с наряда

№ вида обслуживания	Назначение вида обслуживания	Сроки проведения работ по обслуживанию
0	Ежедневное обслуживание	Ежесуточное до выхода поезда на линию
	Контрольно-профилактический осмотр	Два раза в неделю с последовательными периодами за трое-четверо суток в дневное время
1	Ревизионно-предупредительный ремонт (РПР)	Один раз в 12-21 день
	Кантовка тележек	В промежутки между плановыми смежными ремонтами при выполнении ревизионно-предупредительного ремонта № 1 (25-35 тыс. км пробега)

Таблица 4

Порядок чередования ремонтов троллейбусов

Порядковый № в цикле	№ вида ремонта	Межремонтный пробег, тыс. км	Наименование вида ремонта	Нарастающий пробег, тыс. км
Первый цикл				
1	2	65	Малый	65
2	2	65	»	130
3	3	65	Средний	195
4	2	65	Малый	260
5	2	65	»	325
6	4	65	Капитальный	390
Второй цикл				
1	2	65	Малый	65
2	2	65	»	130
3	3	65	Средний	195
4	2	65	Малый	260
5	2	65	»	325
6	—	65	Полная амортизация	390

лые ремонты выполняются в эксплуатационных депо, капитальные — на ремонтных заводах или в специализированных мастерских. Средние ремонты допускаются к исполнению либо в депо, ли-

Таблица 5

Соотношение количества ремонтов троллейбусов за амортизационный период

Наименование ремонта	Количество ремонтов за весь срок службы	Процентное соотношение ремонтов
Малый	8	72,7
Средний	2	18,2
Капитальный	1	9,1

Таблица 6

Техническое обслуживание троллейбусов без снятия с наряда

№ вида обслуживания	Наименование вида обслуживания	Сроки проведения работ по обслуживанию
ЕО	Ежедневное обслуживание	Ежесуточное перед выходом поезда на линию
О	Контрольно-профилактический осмотр	Два раза в неделю с последовательными периодами за трое-четверо суток в дневное время
1	Ревизионно-предупредительный ремонт	Через 16-17 тыс. км пробега

бо в специализированных ремонтных предприятиях. Введенная в действие система допускает (с разрешения директивного органа) отклонения межремонтного пробега от нормативных величин при учете особых условий эксплуатации, природно-климатических условий, типа и состояния подвижного состава и других факторов, оказывающих существенное влияние на его работоспособность.

Корректирование элементов системы технического обслуживания и ремонта для конкретного эксплуатационного предприятия, при учете фактически складывающихся условий эксплуатации, заключается в уточнении объема и характеристик технического обслуживания и ремонта, а также периодичности их выполнения.

Эффективность откорректированной системы технического обслуживания и ремонта можно оценить по удельным показателям текущего ремонта или по результатам сравнения суммарных затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт.

Текущий ремонт подвижного состава предусматривается для устранения отказов, дефектов и неисправностей, выявленных при эксплуатации подвижного состава в межремонтный период.

Текущий ремонт выполняют либо по заявкам водителей, которые они делают по окончании рабочей смены или в процессе работы на маршруте, либо по заявке ремонтных бригад, выполняющих ежедневное обслуживание и контрольно-профилактический осмотр,

если время, необходимое для выполнения текущего ремонта, нарушит ритм технического обслуживания.

Для выполнения работ текущего ремонта в депо предусматриваются специальная зона и бригада ремонтного персонала. Кроме этого, депо содержит линейный ремонтный персонал, располагающийся на конечных станциях пассажирских маршрутов и на подвижных средствах линейной технической помощи. Правилами технической эксплуатации и должностной инструкцией водителя предусматривается перечень профилактических и ремонтных работ, которые должен выполнять водитель трамвая и троллейбуса в процессе работы по перевозке пассажиров с целью предупреждения и устранения ряда неисправностей.

Система планово-предупредительных ремонтов является основой для организации технического обслуживания и ремонта в депо ГЭТ, что обеспечивает надежную работу подвижного состава. Учет климатических, местных и других специфических особенностей эксплуатации позволяет совершенствовать систему для достижения высоких технико-экономических показателей эксплуатации подвижного состава.

7. ОБЪЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Объем и характер работ по техническому обслуживанию и ремонту, предусмотренные к выполнению системой планово-предупредительного ремонта подвижного состава, изложенные в Правилах депоовского осмотра и ремонта, издаваемых инструктивных документах по технической эксплуатации, учитывают сложившиеся условия и технический прогресс в области эксплуатации. Время, необходимое для выполнения этих работ, предусматривается расписанием работы подвижного состава.

При техническом обслуживании устраняют дефекты, поломки, отказы в работе отдельных узлов и агрегатов, нарушения функционирования, отклонения от технических требований и т. д., которые могут в эксплуатации создать опасную обстановку для движения транспортных средств, пассажиров и пешеходов. К ним относятся неисправности несущей конструкции кузова и кузовного оборудования, ходовых частей подвижного состава и рессорного подвешивания, колес и карданных передач, тормозного оборудования и механизмов, формирующих направление движения, а также пневматического, гидравлического и электрического оборудования. В Правилах технической эксплуатации изложен этот перечень, а в Правилах депоовского осмотра и ремонта подвижного состава он конкретизирован.

Ремонт подвижного состава, выполняемый в эксплуатационном предприятии и специализированных заводах или мастерских, предусматривает демонтаж с подвижного состава и разборку ремонтируемого узла или агрегата, дефектировку деталей и сопряжений,

ремонтно-восстановительные работы, замену деталей, имеющих дефекты и не подлежащих для дальнейшего использования, сборку и испытание до установки, а иногда и после установки на подвижной состав. Все ремонты подвижного состава завершаются контрольным пробегом для оценки работоспособности и замером удельного сопротивления движению для выявления отклонений в режимности регулировок и регламентной работе механизмов. Методика замера удельного сопротивления движению изложена в главе VI. Действующая система планово-предупредительных ремонтов подвижного состава ГЭТ предусматривает выполнение всех необходимых работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Краткая характеристика работ при каждом из установленных видов технического обслуживания и ремонта приводится ниже.

Ежедневное обслуживание (ЕО) трамвайных вагонов и троллейбусов выполняется ежедневно во время отстоя подвижного состава в депо, как правило, в ночное время. При этом производятся санитарно-гигиеническая обработка подвижного состава посредством мойки и уборки салонов кузова, обмывка его снаружи; контроль технического состояния основных узлов электрического, механического и пневмо-гидравлического оборудования; оценка токов утечки на троллейбусе. Так как такое обслуживание работающего подвижного состава выполняется регулярно, часть работ можно производить по специальному графику с периодичностью, обеспечивающей необходимую работоспособность. Например, одна часть электрического оборудования подвергается контролю в нечетные дни месяца, а другая — в четные. При ежедневном обслуживании выполняются работы по поддержанию экпировки в надлежащем состоянии и работы, связанные с соблюдением режима смазки отдельных узлов и агрегатов. Обязательно контролируется избыточное давление воздуха в шинах троллейбуса и целостность бандажей колес трамвайных вагонов. Выявленные дефекты и неисправности, равно как и дефекты и неисправности, указанные водителем по окончании работы в книге машины, устраняют. После выполнения ежедневного обслуживания и устранения выявленных неисправностей (это можно выполнять непосредственно в зоне ежедневного обслуживания или в зоне текущего ремонта) технический персонал удостоверяет своей подписью в путевом листе исправность и готовность подвижного состава к работе.

Контрольно-профилактический осмотр (техническое обслуживание № 0) подвижного состава ГЭТ проводится с периодичностью, достаточной для проявления неисправностей и интенсивного износа узлов, агрегатов и оборудования. Техническое обслуживание № 0 выполняется обычно в дневное время на подвижном составе, снимаемом с маршрутов, в соответствии с расписанием движения в часы спада пассажиропотока. Этот вид технического обслуживания включает в себя работы, обеспечивающие по специальному графику более тщательную и большего объема уборку и мойку подвижного состава, проверку функционирования и оценку работоспособности основного оборудования, агрегатов, аппаратов и узлов

механических, электрических, пневматических и гидравлических устройств подвижного состава. Выполненный объем работ при контрольно-профилактическом осмотре обеспечивает надежную эксплуатацию и безопасность движения. Проверке подвергаются тормозные устройства и устройства, управляющие движением, режим работы включающих и выключающих аппаратов, состояние пневмо- и гидросистем, регулировка элементов электрического и механического оборудования в соответствии с техническими требованиями, исправность освещения, отопления и вентиляции, исправность токоприемников и их нажатие на контактный провод. Выявляются утечки воздуха, смазки и гидрожидкости. Проверки ведут, используя приборы и приспособления, специальный инструмент и шаблоны. Широкое использование контрольно-диагностического оборудования, обеспечивающего объективную оценку технического состояния контролируемых узлов и агрегатов, способствует повышению качества работ.

В процессе контрольно-профилактического осмотра проверяют сопротивление изоляции токоведущих цепей и электрического оборудования, доливают масло в масляные ванны оборудования или осуществляют смену смазки в соответствии с картой смазки на эксплуатируемый подвижной состав. Проверяют крепление оборудования, агрегатов и узлов; выявляют повреждения и неисправности в работе кузовного оборудования, проводов, командных и исполнительных механизмов. Оценивают износ ряда деталей и контактирующих рабочих поверхностей.

Выявленные дефекты, неисправности и отклонения от нормы устраняют, заменяя отдельные детали либо производя ремонтные операции. Время нахождения подвижного состава в зоне обслуживания достаточно для выполнения объема работ, предусмотренного характеристикой обслуживания. Если необходимо выполнить работу, не предусмотренную характеристикой, либо время, потребное для выполнения этой работы, превышает предусмотренное, машина направляется в зону текущего ремонта. Мастер, организующий выполнение технического обслуживания № 0 и руководящий этим процессом, не подтверждает техническую готовность машины к эксплуатации своей подписью в путевом листе, так как работоспособность на эти сутки при проведении ежедневного обслуживания была уже подтверждена мастером, руководящим работой по ежедневному обслуживанию.

Ревизионно-предупредительный ремонт (РПР) (техническое обслуживание № 1) подвижного состава ГЭТ проводится с периодичностью, обеспечивающей выявление накопившихся отклонений от нормы в сопряжениях, соединениях, в работе электрических аппаратов и машин, тормозных систем, пневматического или гидравлического оборудования, кузовного оборудования и элементов шасси. Этот вид технического обслуживания предусматривает выполнение осмотра и профилактических работ; обеспечение нормального действия оборудования, узлов и агрегатов; нормального темпа износа контактирующих поверхностей. Выполняются также работы,

предупреждающие резкое снижение уровня надежности и возникновения в результате этого отказов и неисправностей в процессе работы на маршрутах пассажирских перевозок между РПР. Для этого выполняют профилактические и ремонтные операции значительно большего объема, обеспечивающие необходимый подвижному составу ресурс работоспособности.

РПР предполагает демонтаж ряда ответственных и не обеспечивающих достаточную надежность узлов и агрегатов с целью оценки технического состояния. Ревизия технического состояния, осмотр и ремонт узлов и агрегатов выполняется преимущественно на специализированных участках ремонта. Следствием ревизии является выполнение необходимых ремонтных и восстановительных операций, предупреждающих отказы в работе и появление неисправностей. При ревизии осуществляется более углубленный и полный контроль технического состояния с использованием контрольно-измерительных инструментов, приборов и оборудования. Выявленные дефекты и неисправности устраняются либо производятся замена узлов или агрегатов взятыми из оборотного ремонтного фонда. В зоне текущего ремонта практически не выполняют работы на подвижном составе, находящемся на техническом обслуживании № 1. Больше того, объем работ ревизионно-предупредительного ремонта исключает возникновение дефектов, требующих устранения при текущем ремонте.

Характеристиками РПР предусматривается большой объем ревизии, контроля и проверок по узлам, обеспечивающим безопасность движения. Ревизионно-предупредительный ремонт проводится после остальных видов ремонта (малого, среднего, капитального) и поэтому при его проведении представляется возможным контролировать состояние сопряжений после приработки, проверить соответствие состояния основных узлов и агрегатов техническим требованиям и ликвидировать неисправности, не устраненные при других видах ремонта. При ревизионно-предупредительном ремонте проводится ревизия технического состояния оборудования со снятием части агрегатов и проверкой их в депо. Этот вид ремонта предворяет все ремонты подвижного состава и поэтому правильная оценка работоспособности узлов и агрегатов, выполнение необходимого объема работ, предупреждающих отказ при эксплуатации, имеют технико-экономическую значимость и могут быть ориентиром при подготовке производства к выполнению более емкого вида ремонта.

Завершающей операцией ревизионно-предупредительного ремонта является обкатка для проверки в условиях, близких к эксплуатационным режимам, всего оборудования, механизмов, аппаратов, узлов и агрегатов. Выявленные в процессе обкатки неисправности устраняют, производят дополнительно необходимое регулирование оборудования, проверки, после чего машина считается готовой к выпуску для работы на маршрутах.

Состояние подвижного состава, прошедшего РПР, оценивается по удельному сопротивлению движения, которое в первое время

после выполнения ремонта несколько выше нормируемого из-за того, что еще не приработаны сопряжения.

Малый ремонт (№ 2) трамвайных вагонов и троллейбусов проводится после пробега, требующего восстановления параметров ряда разъемных и неразъемных сопряжений, восстановления изношенных поверхностей некоторых деталей и предупредительного ремонта отдельных узлов, агрегатов и аппаратов, а также восстановления окраски кузова и поврежденных элементов, ограждающих конструкции кузова. Малый ремонт выполняется в эксплуатационном депо и отличается от среднего и капитального ремонта, выполняемого специализированными заводами или мастерскими, объемом выполняемых работ, а также количеством используемых для замены в процессе ремонта новых деталей, узлов и агрегатов.

При малом ремонте практически все звенья конструкции подвижного состава подвергаются ревизии, а ремонту — все основные узлы, агрегаты, аппараты и устройства. Демонтируются с подвижного состава почти все основные узлы, агрегаты, аппараты и оборудование для проведения ревизии и ремонта на специализированных участках. Часть изношенных деталей заменяют новыми, часть деталей, имеющих износ и повреждения, восстанавливают до состояния, соответствующего техническим требованиям. Восстановлению подвергается изоляция тяговых и вспомогательных двигателей, исполнительных и командных аппаратов и устройств. Особое внимание уделяется ремонту и состоянию элементов конструкции, обеспечивающих безопасность движения.

Все прошедшие ремонт и ревизию агрегаты, аппараты и устройства проходят регулировку и испытания на специализированных испытательных и контрольных стендах.

Использование контрольно-диагностического оборудования для оценки технического состояния отдельных узлов и агрегатов подвижного состава, проводимой до ремонта или ревизии и по завершении их, снижает трудоемкость работ и обеспечивает необходимое их качество.

В специальном отделении ремонта выполняется необходимый объем работ по ремонту кузова и экипировочных работ, а также полностью восстанавливается окраска поверхности кузова. При этом не удаляют старый слой краски и поэтому почти всегда цветовой фон сохраняется, благодаря чему меньше расход красителей, время на выполнение подготовительных работ и затраты труда.

Завершающим этапом малого ремонта является обкатка (пробег не менее 25 км) для контроля работоспособности агрегатов, механизмов и оборудования в условиях, близких к эксплуатационным. Выявленные в процессе обкатки неисправности, отклонения в режимах работы и взаимодействии узлов, дефекты и отказы устраняет персонал бригады, выполняющий малый ремонт. У подвижного состава, прошедшего малый ремонт, перед выпуском в эксплуатацию замеряют удельное сопротивление движению.

Малый ремонт для трамвайных вагонов выполняется через 70 тыс. км пробега после аналогичного ремонта или ремонта большего объема, а для поддержания работоспособности колесных пар и тележек трамвая на требуемом уровне необходимо производить ремонтно-профилактические работы через 25—35 тыс. км. Поэтому в промежутках между плановыми смежными ремонтами при выполнении РПР (в одном из ремонтов № 1) тележки поворачивают на 180°, т. е. меняют их положение относительно занимаемого в начале эксплуатации после ремонта. Такая перестановка вызвана тем, что элементы ходовых частей при работе в одном направлении движения подвергаются одностороннему износу.

Средний ремонт (№ 3) трамвайных вагонов и троллейбусов проводится с периодичностью, определяемой необходимостью замены ряда деталей, узлов и изоляционных покрытий, находящихся на границе предельного состояния в результате усталости материала, накопления остаточных деформаций, старения, коррозии и износа.

При проведении среднего ремонта предусматривается замена на новые нескольких основных агрегатов и устройств (двигатель, контроллер, контакторная панель и т. д.).

Тщательному контролю и ремонту подвергаются все узлы, аппараты и устройства электрического оборудования. Токосоводящие элементы, переключающие, блокирующие, фиксирующие и предохраняющие звенья, восстанавливают до чертежных размеров либо заменяют на новые. Сопротивление изоляции силовых цепей, цепей управления и вспомогательных, обмоток катушек командных и исполнительных аппаратов, двигателей и машин доводится до значений, соответствующих требованиям технических условий. При выполнении среднего ремонта осуществляют пропитку, замену или усиление изоляции.

Резинотехнические изделия, уплотнения различного рода, подшипники качения и скольжения заменяют на новые.

Все детали, предназначенные для сборки узлов и агрегатов, все элементы аппаратов и механизмов перед сборкой подвергаются инструментальной и контрольно-испытательной проверке. Крепежные детали при этом ремонте используются преимущественно новые.

В значительно большем объеме выполняются работы по ремонту кузова и кузовного оборудования: часть листов внешней и внутренней обшивки кузова заменяется на новые; выполняются работы по устранению неплотностей прилегания листов обшивки крыши и водосточных устройств; производится полная окраска кузова с удалением старой краски в местах, где нарушено ее сцепление с обшивкой.

Завершается средний ремонт контрольным пробегом: для трамвая протяженностью 50 км и для троллейбуса 100 км. При этом не только выявляются неисправности, нарушения режимов работы оборудования, нарушения в регулировках, но и происхо-

дит первоначальная приработка сопряжений. Выявленные дефекты устраняют. Перед пуском в эксплуатацию оценивают сопротивление движению подвижного состава.

Капитальный ремонт (№ 5 для трамвая и № 4 для троллейбуса) подвижного состава выполняется специализированными ремонтными заводами или мастерскими. При капитальном ремонте выполняется сборка трамвая или троллейбуса с использованием части деталей, восстановленных до чертежных размеров. Предварительно производится полный демонтаж и последующая разборка всех узлов, агрегатов, аппаратов и устройств. Основное внимание при капитальном ремонте уделяется кузову, так как ремонт и замена почти всех агрегатов и устройств выполняются на всех остальных ремонтах, а полный восстановительный ремонт кузова — только на этом ремонте. Срок амортизации подвижного состава устанавливают исходя из ресурса работоспособности кузова, а не основных агрегатов, которые можно заменить при любом плановом или текущем ремонте.

С кузова подвижного состава, подвергаемого капитальному ремонту, снимают всю внутреннюю и внешнюю обшивку для ревизии состояния элементов каркаса и основания, а также для контроля сварных, клепаных и болтовых соединений. Элементы каркаса, имеющие деформации, коррозионные повреждения и трещины, заменяют. Восстанавливается антикоррозионное и шумопоглощающее покрытие. При сборке кузова обшивка внутренняя и наружная, двери салона и элементы оконных рам заменяют новыми. Заменяют всю электрическую проводку, скрытую под обшивкой кузова, а также все узлы, обеспечивающие безопасность движения. Базовые детали восстанавливают исходя из требований чертежей на геометрические и технические параметры. Устанавливается новое основное механическое, электрическое и пневмо-гидравлическое оборудование. Допускается установка оборудования, прошедшего капитальный ремонт и обладающего ресурсом работоспособности, предусмотренным техническими условиями на капитальный ремонт.

В процессе капитального ремонта выполняются работы по усовершенствованию и модернизации узлов, агрегатов и оборудования. Используются при капитальном ремонте новые материалы и технологические процессы, разработанные и внедренные в производство как заводом-изготовителем подвижного состава, так и заимствованные из других отраслей производства.

При капитальном ремонте на подвижном составе выполняется защитная и декоративная окраска по полной технологии окрасочных работ. Чтобы использовать при ремонте значительную часть материалов наружной обшивки кузова, предварительно удаляют окрасочный слой. Чаще всего это выполняется химическим путем в специальных камерах с помощью смывок. Так как основным компонентом применяемых смывок являются щелочи, необходимо затем тщательно промыть кузов, чтобы предотвратить его коррозионные разрушения в процессе эксплуатации.

Обкатка (пробег в 100 км для троллейбуса и 50 км для трамвая) — завершающий этап капитального ремонта, позволяющий произвести приработку узлов сопряжений, выявить и устранить дефекты сборки и монтажа.

Системой планово-предупредительных ремонтов для трамвая предусматривается выполнение *большого ремонта* (№ 4). По сути это средний ремонт, включающий работы по значительному ремонту кузова. Необходимость в большом ремонте для трамвайных вагонов обусловлена более длительным сроком их эксплуатации и меньшим повреждением кузова трамвая (по сравнению с троллейбусом) за аналогичный срок эксплуатации.

Система планово-предупредительных ремонтов при выполнении предусмотренных технологических процессов, характеристик и объемов технического обслуживания и ремонта обеспечивает устойчивое выполнение эксплуатационным предприятием задач по перевозке пассажиров, культуре обслуживания пассажиров и высокой технической готовности подвижного состава.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава состоят из отдельных операций. Эти операции и процесс в целом направлены на то, чтобы при наименьшей затрате труда, в определенной последовательности, с использованием необходимого инструмента, приспособлений и устройств выполнить комплекс работ, обеспечивающий достижение поставленной цели. Отдельные операции и процесс в целом охватывают весь объем необходимых работ, изложенный в виде характеристик технического обслуживания и ремонта.

Технологический процесс технического обслуживания и ремонта определяется документально оформленным регламентом операций и приемов работ, рационально использующими труд и производственные возможности, указывающими, какой требуется инструмент и какое оборудование для выполнения предусмотренных операций, каковы затраты времени и материалов. В технологической документации изложен процесс, наиболее полно соответствующий утвержденному методу технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

Организация работ на предприятии должна обеспечить строгую технологическую дисциплину, высокую производительность труда, необходимое качество работ и технико-экономическую эффективность производства.

Каждое предприятие составляет план-график технического обслуживания и ремонта, исполнение которого обеспечивается наличием необходимого числа единиц подвижного состава в том или ином виде технического обслуживания и ремонта. В плане-графике указываются конкретные инвентарные номера подвижного состава, так как он составляется на основе данных об объеме

выполненной работы (пробеге) каждым трамвайным вагоном или троллейбусом.

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава предполагают использование двух способов работ — индивидуальный и агрегатно-узловой.

При *индивидуальном* способе все узлы и агрегаты, демонтируемые с подвижного состава для осмотра, ревизии и ремонта, после выполнения необходимых технологических операций возвращаются на этот же трамвайный вагон или троллейбус. При этом нет необходимости иметь развитые производственные участки, так как программа их работ небольшая, простой подвижного состава в зоне обслуживания значительный, оборотный фонд узлов, агрегатов и запасных частей может быть весьма малым. Недостатком такой организации работ является иррациональное использование производственных площадей, низкая производительность труда из-за неритмичной работы ремонтного и обслуживающего персонала и, как следствие, низкий коэффициент технической готовности подвижного состава. Однако этот способ организации работ, в ограниченных рамках, может быть применен на вновь вводимых в эксплуатацию предприятиях, при разнотипном подвижном составе, широком использовании индивидуальной подгонки деталей сопряжения в процессе ремонта и восстановления, при соизмеримо большой длительности выполнения сопутствующих работ (например, ремонт кузова или его окраска).

При *агрегатно-узловом* способе технического обслуживания и ремонта узлы и агрегаты, демонтируемые с трамвая (троллейбуса) для ревизии и ремонта, устанавливаются не на данный трамвай, а на любой другой, т. е. обезличиваются. Таким образом, предоставляется возможность монтировать при техническом обслуживании и ремонте на подвижном составе узлы и агрегаты, прошедшие заблаговременно ревизию и ремонт. При агрегатно-узловом способе повышается производительность труда, работы выполняются на промышленной основе, сокращается время простоя подвижного состава в зонах ремонта и обслуживания. Вместе с тем, чтобы применить этот способ ремонта, требуется иметь развитое складское хозяйство, значительный фонд оборотных узлов и агрегатов, дополнительные производственные площади для создания специализированных участков ремонта.

Специализация работ, возможность использования высокопроизводительных приспособлений и оснастки, механизация процессов производства и высокая технологичность операций обеспечивают рост производительности труда и повышения качества работ.

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и отдельных его узлов и агрегатов могут быть организованы стационарным или поточным методом.

Стационарный метод подразумевает нахождение ремонтируемых единиц в течение всего времени обслуживания или ремонта на одном посту. При этом методе не требуется больших производственных площадей. Отсутствие достаточной механизации и спе-

циализации рабочих мест ограничивает уровень производительности труда. При этом квалификация ремонтного и обслуживающего персонала должна быть достаточно высокой. Колебания трудоемкости работ на отдельных единицах подвижного состава существенно не отражаются на производственном процессе эксплуатации предприятия. Вместе с тем, оказывается невозможным четко планировать работы из-за колебаний в трудовых затратах на ремонт отдельных единиц подвижного состава; использовать в полном объеме планируемое рабочее время из-за многопрофильности работ на рабочем месте; оснащать рабочие места комплексными средствами механизации.

Из-за резкого различия трудоемкости работ при текущем ремонте стационарный метод получил преимущественное применение. Он применяется также при выполнении в дело ревизионно-предупредительного и малого ремонтов из-за небольшой программы этих работ.

Поточный метод подразумевает размеренное, ритмичное перемещение ремонтируемого или обслуживаемого подвижного состава либо его агрегатов и узлов от одного поста к другому. В этом случае каждый пост специализируется на выполнении определенного вида работ и оснащается соответствующим инструментом, устройствами и приспособлениями. Поточный метод позволяет не только поднять производительность труда, но и дисциплинирует ремонтный и обслуживающий персонал.

Для организации поточного метода работ в эксплуатационном предприятии или в зоне ремонта необходимо обеспечить плановое поступление на поток изделий, требующих ремонта, строгое регламентирование объема работ, достаточную программу ремонта. Эффективность поточного метода при техническом обслуживании и ремонте подвижного состава тем выше, чем больше подвижной состав, его узлы и агрегаты приспособлены к ремонту и обслуживанию на поточной линии, т. е. не требуют большого числа подгонок, регулировок, проверок, узлы и агрегаты взаимозаменяемы, нет необходимости в значительном времени на монтаж и демонтаж. Поточная линия обычно содержит достаточное количество постов, что позволяет выравнять затраты времени на выполнение необходимых работ на каждом посту. Посты оснащаются устройствами и приспособлениями, обеспечивающими синхронность выполнения работ по постам; последовательность выполняемых операций по постам исключает непроизводительную затрату времени.

Поточный метод ремонта получил повсеместное применение при ежедневном обслуживании и контрольно-профилактическом осмотре подвижного состава в условиях депо, при ремонте подвижного состава на ремонтных заводах или в специализированных мастерских, так как эти виды технического обслуживания и ремонта обеспечены достаточной программой работ. Внедрение поточного метода при ремонте узлов и агрегатов позволяет дифференцировать процесс сборки, специализировать рабочие места,

учитывать затраты труда и себестоимость работ, применять сетевое планирование и сократить складской запас деталей. Время, запланированное для выполнения отдельной операции на посту, предусматривается равным или кратным темпу потока T , определяемому как

$$T = \Phi_p \cdot 60 / N,$$

где Φ_p — фонд рабочего времени за расчетный период, ч; N — производственная программа за этот период (единиц подвижного состава).

Продолжительность сборки при поточном методе

$$T_c = T \cdot n = \Phi_p \cdot 60 / N n,$$

где n — число постов на потоке сборки.

9. МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Эффективность принятой формы организации работ при техническом обслуживании и ремонте подвижного состава оценивается уровнем производительности труда, возможностями механизации и автоматизации процессов производства, полнотой использования производственных площадей и фонда рабочего времени персонала.

При недостаточной программе ремонта, необеспеченности производственными площадями, низкой ремонтпригодности конструкции подвижного состава необходим тщательный анализ различных условий для выбора методов ремонта и организации работ. Практически в депо и на ремонтных предприятиях нашли применение индивидуальный и агрегатный способы ремонта, стационарный и поточный методы работ. Эффективность организации работ в конкретных условиях определяется сочетанием этих способов и методов. Поточный метод технического обслуживания или ремонта при индивидуальном способе организации работ практически не применим.

В депо выполняются ежедневное обслуживание и контрольно-профилактический осмотр достаточного числа единиц подвижного состава за рабочую смену и поэтому производить эти работы поточным методом целесообразно и эффективно.

Число единиц подвижного состава, которое может быть подвергнуто техническому обслуживанию на потоке за одну рабочую смену, составляет

$$m' = t_c : \tau_{\text{пот}},$$

где t_c — продолжительность смены, мин; $\tau_{\text{пот}}$ — длительность рабочего такта потока, мин.

Длительность рабочего такта потока устанавливается такой, чтобы возможно было выполнить предусмотренный объем работ на этом посту. Длительность такта усредняется, так как трудоемкость колеблется вследствие как неделимости комплекса необходимых воздействий, так и специфических особенностей выполняемых операций; она определяется как

$$\tau_{\text{пот}} = t_0 \cdot n,$$

где t_0 — время нахождения одной единицы подвижного состава на поточной линии, мин; n — количество постов на поточной линии.

Поточный метод технического обслуживания подвижного состава считается целесообразным, если представляется возможным иметь на поточной линии три поста и более ($n \geq 3$). В некоторых случаях в сложившихся условиях этот метод целесообразно применять и при двух постах. Например, при наличии отдельно расположенных зон мойки подвижного состава возможно выполнять ежедневное обслуживание поточным методом при двух постах работ; моечно-уборочные работы при этом производят также поточным методом, предусмотрев два поста работ.

Спустя время t_0 после начала работы потока, будет выполнено техническое обслуживание первой единицы подвижного состава, находящейся на потоке. Последующие единицы подвижного состава после выполнения технического обслуживания будут сходиться с потока равномерно с интервалом, равным такту потока. Таким образом, за рабочую смену одна поточная линия способна обеспечить выполнение технического обслуживания для m единиц подвижного состава:

$$m = 1 + (t_c - t_0) : \tau_{\text{пот}} = 1 + (t_c - t_0) n : t_0.$$

Если все рабочие, обслуживающие поточную линию, одновременно приходят на все посты и одновременно покидают их, уходя как на перерыв, так и по окончании рабочей смены, то персонал постов, следующий за первым в начале смены, простаивает в ожидании поступления подвижного состава на их посты, а в конце смены непроизводительно используется рабочее время персонала первых постов. В итоге рабочие одного поста в течение смены простаивают из-за отсутствия работы столько времени (t_0), сколько необходимо одной единице подвижного состава находиться на поточной линии для прохождения технического обслуживания.

Ликвидировать простои можно, применив ступенчатый график выхода на работу персонала постов поточной линии (рис. 3). График явки на рабочее место предусматривает разрыв во времени для ремонтного персонала постов поточной линии, равный и кратный длительности такта работы потока. При этом за время работы поточной линии пройдет техническое обслуживание m' единиц подвижного состава, что на $(t_0 - \tau_{\text{пот}}) : \tau_{\text{пот}}$ единиц больше, чем при одновременной явке на рабочие места всего персонала поточной линии:

$$m' = m + \frac{t_0 - \tau_{\text{пот}}}{\tau_{\text{пот}}} = 1 + \frac{t_c - t_0}{\tau_{\text{пот}}} + \frac{t_0 - \tau_{\text{пот}}}{\tau_{\text{пот}}} = \frac{t_c}{\tau_{\text{пот}}}.$$

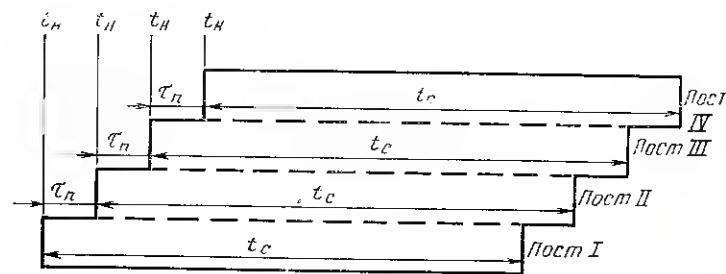


Рис. 3. Ступенчатый график выхода на работу рабочих по постам потока:

t_n — начало работы; t_c — продолжительность смены; τ_p — такт потока

Для обеспечения работы поточной линии количество единиц подвижного состава, поступающее для технического обслуживания, должно быть больше или равно $t_c : t_{\text{пот}}$, что зависит от числа единиц подвижного состава, участвующих в движении:

$$A_1 \geq A_n \alpha,$$

где A_n — инвентарный парк подвижного состава; α — коэффициент выпуска.

В тех случаях когда одна поточная линия не может обеспечить обслуживание всего поступающего подвижного состава, необходимо организовать две поточные линии и более. Ежедневное обслуживание должен пройти весь подвижной состав, участвующий в выпуске, следовательно, пропускная способность всех поточных линий должна обеспечить выполнение ежедневного обслуживания подвижного состава, участвующего в движении.

Пропускная способность поточной линии зависит не только от длительности такта, но и от количества постов. Чем больше постов на поточной линии, тем выше ее пропускная способность. Изменяя время нахождения одной единицы подвижного состава на посту и количество постов в пределах, устанавливаемых на основе дифференциации и синхронизации времени выполнения необходимых работ, представляется возможным обеспечить высокие производительность и качество технического обслуживания подвижного состава. Эффективность технического обслуживания при поточном методе повышается, если правильно совмещены производственные операции и виды работ на каждом посту, строго разграничены обязанности между персоналом постов поточной линии, достаточно высока профессиональная подготовка персонала, позволяющая ориентироваться на взаимопомощь работающих. Создание бригад или рабочих, оказывающих помощь персоналу тех постов, которые не успевают выполнять объем заданных работ, повышает ритмичность потока и обеспечивает требуемое время нахождения каждой единицы подвижного состава на посту потока.

Технико-экономическая эффективность мероприятий, способов и форм принятой организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава повышается при росте его надежности, что приводит к снижению затрат труда и материальных средств на подготовку подвижного состава к выполнению пассажирских перевозок.

Высокая эффективность достигается: правильным выбором, для конкретных случаев, организационных форм работы, непрерывным совершенствованием принятой системы технического обслуживания и ремонта; поиском соответствия прогрессивных способов и методов работы сложившимся условиям эксплуатации; механизацией трудоемких процессов производства и снижением уровня ручного труда; использованием достижений науки и техники и созданием условий для применения в производственном процессе прогрессивной технологии и промышленных основ труда; дальнейшей специализацией производственных участков и ростом профессиональной квалификации персонала; систематическим укреплением трудовой и технологической дисциплины.

Работы по ежедневному обслуживанию подвижного состава выполняются в режиме непрерывной недели в течение всего года (преимущественно в ночное время). Группы рабочих или бригады при поточном методе обслуживания закреплены по постам. Обычно на потоке ЕО три или четыре поста. Время, отводимое для ежедневного обслуживания подвижного состава, составляет для одного трамвайного вагона до 30 мин, для одного троллейбуса до 40 мин.

Работы по контрольно-профилактическому осмотру (КПО) выполняются в дневное время. Для КПО подвижной состав изымается из движения в соответствии с нарядом на работу, обычно в часы спада пассажирских перевозок. По окончании контрольно-профилактического осмотра подвижной состав опять участвует в движении, осуществляя перевозку пассажира в вечерние часы. Обычно для контрольно-профилактического осмотра, выполняемого в дневное время используются поточные линии, на которых в ночное время производится ежедневное обслуживание. Работы КПО ведутся по режиму либо пятидневной рабочей недели, либо непрерывной рабочей недели. При достаточном для организации потока количестве подвижного состава, поступающего в депо для проведения КПО, работы выполняются поточным методом. Посты потока обслуживают специализированные бригады, рабочие в которых имеют высокую квалификацию. Количество постов на поточной линии достигает пяти. Время, отводимое для выполнения объема работ, предусмотренного характеристикой ремонта, достигает 1 ч 30 мин. График поступления подвижного состава для выполнения КПО составляется с учетом режима работы подвижного состава и поточных линий, распределения подвижного состава между маршрутами, величины нулевых пробегов и объема пассажирских перевозок на маршруте, за которым закреплен подвижной состав.

Ревизионно-предупредительный ремонт (РПР) выполняется в дневное время при режиме пятидневной недели. Подвижной состав, проходящий РПР, участвует в работе на маршрутах города, для чего графиком работы предусмотрена его односменная работа. Так, например, подвижной состав, который используется для перевозки пассажиров в вечернее время, проходит РПР в начальные часы работы зоны ремонта; тот подвижной состав, который предусмотрен для перевозки пассажиров в утренние часы, проходит РПР в более поздние часы работы зоны ремонта. Почти повсеместно РПР выполняется стационарным методом. Время, отводимое для выполнения РПР одной единицы подвижного состава, достигает 4 ч. Высокое качество и высокая производительность бригад РПР обеспечиваются работой специализированных участков ремонта узлов и агрегатов и оборотным фондом отремонтированных узлов и агрегатов, хранящихся на складе.

Малый и средний ремонты подвижного состава выполняются в депо в зоне ремонта, которая обычно обособлена от других зон. Работы производятся стационарным методом. Для прохождения этих видов ремонта подвижной состав снимают с наряда и в движении он не участвует. Время нахождения в ремонте определяется в основном производственной мощностью малярного отделения и может составлять 8 дней и более. Целесообразно этот вид ремонта вести не комплексными бригадами, а специализированными по видам оборудования, что обеспечивает качество работ и высокую производительность труда.

10. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТРАНСПОРТОМ

По мере роста численности городского населения и расширения территории городов увеличиваются количество и дальность поездок пассажиров, транспортное обслуживание превращается в сложнейшую проблему городского хозяйства. Решить эту проблему только путем увеличения парка подвижного состава, повышения его работоспособности, расширения маршрутной сети города не представляется возможным. Для этого необходимо также постоянно совершенствовать организацию процесса перевозок пассажиров. При решении большинства задач, связанных с этим, следует учитывать, что они многовариантны, многофакторны, трудоемки и большинство решений необходимо принимать за строго ограниченное время. Поэтому решение задач организации процесса перевозок пассажиров следует вести с использованием экономико-математических методов на базе вычислительной техники.

Непрерывный рост потребности в пассажирских перевозках повышает ответственность, роль и значимость предприятий транспорта в социально-экономической сфере трудовых коллективов. Вместе с тем изменение характера перевозочного процесса требует

изменения и форм его удовлетворения. Насыщенность пассажирских маршрутов подвижным составом, неуклонное стремление к росту скорости сообщения, улучшение комфортных условий передвижения превратило движение подвижного состава по маршруту в своего рода транспортный поток, которому объективно присущи черты промышленного производства, сопровождаемого большим объемом информации и требованием оперативного решения задач, обеспечивающих его ритмичную работу.

В соответствии с этими предпосылками стабильная и четкая работа транспортного потока может быть достигнута строго регламентированной работой основного производства, содержанием которого является работа подвижного состава на маршрутах города, и вспомогательного производства, содержанием которого являются работы по хранению, техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава. Вспомогательные производства совместно со службами пути, энергоснабжения и т. д. призваны обеспечивать нормальное функционирование основного производства.

Уровень удовлетворения потребностей города в перевозке пассажиров соответствует соотношению провозной способности складывающегося пассажиропотоку. Повышение этого уровня является главной задачей перевозочного процесса, реализация решения которой возможна при использовании достаточной информации о пассажиропотоках, границах их изменчивости во времени и по участкам маршрутной сети и оперативном использовании предоставляемых возможностей по организации движения в соответствии с изменившимися пассажиропотоками. Умение согласовать потребности основного производства с возможностями вспомогательного — основная задача управления пассажирским транспортом.

Для решения таких задач управления необходима оперативная информация, достоверная по содержанию, заданного объема и в форме, удобной для обработки.

Системный подход к решению таких задач, достижение наибольшей эффективности функционирования транспортной системы возможны только с помощью автоматизированных систем управления. АСУ позволяет не только найти оптимальный вариант, но и создать объективные предпосылки для его реализации.

Автоматизированные системы управления должны иметь в своем составе функциональные подсистемы, которые обеспечивают решение задач более низкого уровня, но главные для регламентного функционирования подсистем. Этим обеспечивается стабильная работа системы в целом. Такими подсистемами АСУ являются: планирование, управление движением, учет и анализ процесса перевозок, управление ремонтом и техническим обслуживанием, обеспечение запасными деталями и ремонтным фондом агрегатов, а также ряд других функциональных подсистем.

Одним из существенных элементов оперативного руководства в любой автоматизированной системе управления является информационная модель объекта, представляющая возможность

зрительно судить о сложившейся ситуации в конкретное время в результате воздействия возмущающих внешних факторов, оказывающих влияние на состояние объекта управления.

Быстрое и правильное восприятие ситуации и степерь использования возможностей АСУ во многом зависят от структуры, состава и компоновки информационной модели объекта управления. Поэтому воспроизводимая моделью информация должна быть наиболее существенной с точки зрения функциональных обязанностей воспринимающего, поступать в количествах, соответствующих реальным возможностям человека по ее переработке, и в форме, максимально облегчающей ее восприятие и расшифровку.

Разработка и внедрение АСУ для управления перевозочным процессом является задачей ближайшего будущего; проектирование и реализация этих проектов по ряду подсистем АСУ для эксплуатационных депо ведутся в настоящее время, что требует необходимой технической и профессиональной подготовки кадров.

11. ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ДЕПО (ЦУП)

Анализ методов управления производственной деятельностью предприятий городского электрического транспорта показывает, что стихийное, нерегулируемое образование очередей у рабочих постов и отдельных исполнителей вызывает нерациональное использование производственных площадей, материальных ресурсов депо, рабочих. Случайный характер возникновения неисправности и неотложная потребность в ее устранении создают значительные трудности в оперативном планировании производственных работ и распределении ресурсов для выполнения необходимых операций ремонта, в постоянной готовности производства к выполнению этих работ.

Большая роль в организации процесса производства принадлежит мастеру, который руководит рабочими бригадами ремонта и технического обслуживания. Рабочее время мастера используется непроизводительно и мастер перестает быть руководителем производства, если он занимается второстепенными вопросами, к которым относятся: организация доставки деталей, узлов и агрегатов к месту производства работ, поиск инструментов и приспособлений и т. д.

Совершенствование организации работ и технологий ремонта и технического обслуживания, процесса управления производством — один из существенных резервов роста надежности подвижного состава, сокращения затрат труда, материалов и запасных частей на ремонт и техническое обслуживание троллейбусов и трамваев.

Технический прогресс создал предпосылки для более совершенной системы организации производства при выполнении ремонта и технического обслуживания, которые базируются на

централизации управления с использованием машинной обработки информации. Централизованная система управления позволяет координировать работу всех подразделений депо по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава, непрерывно и непосредственно руководить участками работ и рабочими постами ремонтных зон и зон технического обслуживания, осуществлять круглосуточный оперативный контроль и учет выполнения всех видов ремонтов и обслуживаний, анализировать и регламентировать объем затрат труда на производственные операции, получать информацию о наличии и движении запасных частей и оборотного фонда агрегатов, иметь реальное представление о готовности производства к выполнению требуемых работ. Централизация управления производством предполагает четкое функционирование системы оперативного планирования и управления, что позволяет снизить время простоя подвижного состава в плановых и текущих ремонтах, снизить затраты труда и материалов, повысить производительность труда, обеспечить более эффективное использование основных производственных площадей и фондов, поднять качество выполняемых работ.

Использование автоматизированных систем сбора, хранения и обработки информации, электроинформационных машин (ЭВМ) и экономико-математических методов для решения задач управления производством технического обслуживания и ремонта подвижного состава требует изменения структуры производства, характера производственных отношений между отдельными подразделениями, формы и содержания работ аппарата управления.

Внедрение современных систем управления технической службой депо приводит к необходимости создания мощной информационной базы, обеспечивающей обработку на ЭВМ необходимой информации для анализа функционирования производства и принятия обоснованных решений, создающих необходимые условия для работы центра управления производством (ЦУП) и системы отображения информации для него.

Информационная база ЦУП должна обеспечить учет и анализ профилактических и ремонтных воздействий, технического состояния подвижного состава, наличия и движения запасных частей и материалов на складах депо, обеспеченности оборотными фондами агрегатов и узлов, располагаемого фонда рабочего времени, производственного резерва и технических возможностей депо.

С учетом конкретных условий работы депо могут быть некоторые функциональные изменения, но в общем виде ЦУП собирает и обрабатывает информацию о состоянии производственных ресурсов, объемах предстоящих работ и обеспеченности производственных участков запасными частями и материалами. ЦУП на основе анализа имеющейся и получаемой информации планирует производственные процессы, осуществляет контроль за их исполнением и регулирует эти процессы в соответствии с имеющимися возможностями и текущими задачами, стоящими перед производственными участками депо.

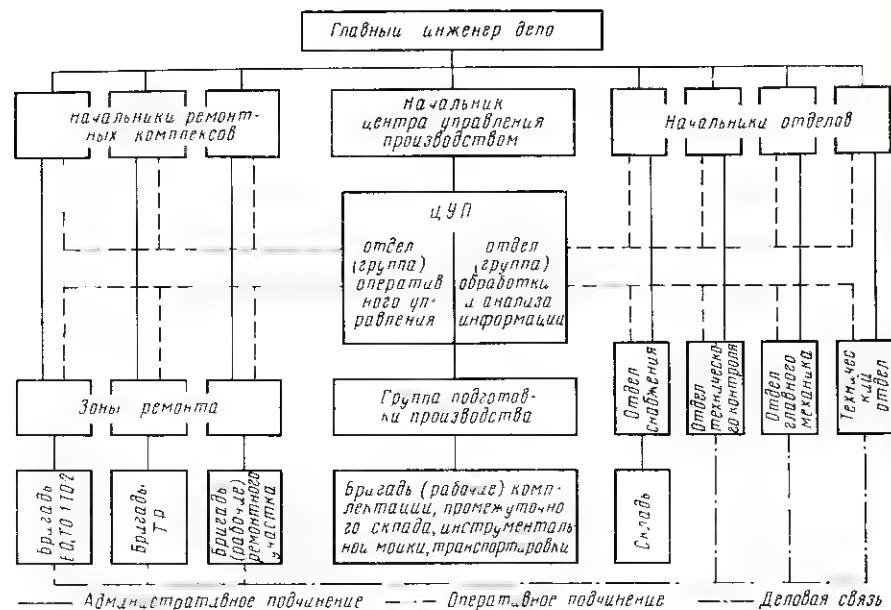


Рис. 4. Структурная схема управления производством при функционировании ЦУП

В соответствии с примерной структурной схемой (рис. 4) ЦУП руководит группой подготовки производства и группой диспетчеризации производства ремонта и технического обслуживания на основе необходимой и достаточной информации, сосредоточенной в бюро ее сбора и обработки.

Технологическая подготовка рабочих мест производства, комплектование оборотного фонда, доставка агрегатов, узлов и деталей на рабочие места и с рабочих мест, обеспечение рабочих мест инструментом, приспособлениями и монтажно-демонтажными механизмами осуществляется группой подготовки производства.

Эта же группа обеспечивает мойку агрегатов, узлов и деталей перед отправкой их в ремонт и перегон подвижного состава в зоны ремонта, технического обслуживания и в зоны отстоя. Административное руководство работой группы подготовки производства осуществляет ее начальник, оперативное руководство — аппарат технических диспетчеров, работающих в режиме непрерывной недели.

Для обеспечения достаточной готовности производства к выполнению текущих и оперативных работ желательно, чтобы трудоемкость работ, планируемых участкам, составляла 75–80% расчетной производственной мощности. Это обеспечит выполнение работ, не предусмотренных планом, и необходимость в использовании производственных мощностей для изготовления деталей, узлов, оснастки, оборудования и т. д. Примерная схема организации работ группы подготовки производства показана на рис. 5.

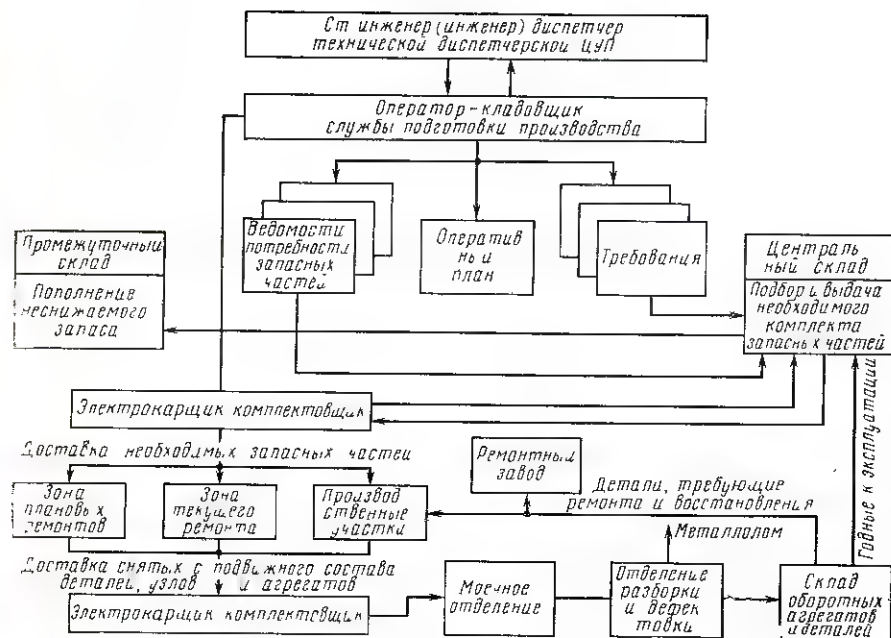


Рис. 5. Схема организации работ группы подготовки производства

Группа диспетчеризации производства ремонта и технического обслуживания организует системное руководство работ по выполнению на подвижном составе технического обслуживания и плановых ремонтов, текущего (заявочного) ремонта и других работ, связанных с технической эксплуатацией подвижного состава. Наиболее полное обеспечение информацией центра управления производством позволит повысить качество принимаемых решений и уделить больше внимания контролю за их выполнением.

Бюро сбора и обработки информации ведет учет и планирование технического обслуживания и ремонта, учет качества ремонта и эксплуатации подвижного состава, оформление технической документации на агрегаты, узлы и подвижной состав, учет и анализ потерь линейного времени; составляет сменно-суточное задание производственным подразделениям, подготавливает необходимую оперативную информацию, составляет отчеты о работе производства депо. Примерная схема движения информации при выполнении плановых ремонтов или технического обслуживания показана на рис. 6.

Вне зависимости от того, является ЦУП подсистемой АСУ или выступает в самостоятельной роли, перестройка структуры управления производством депо осуществляется в соответствии с тщательно разработанным проектом, учитывающим особенности конкретного депо. Проект должен отражать структуру и звенья вводимой системы, схему движения информации, подчиненность,

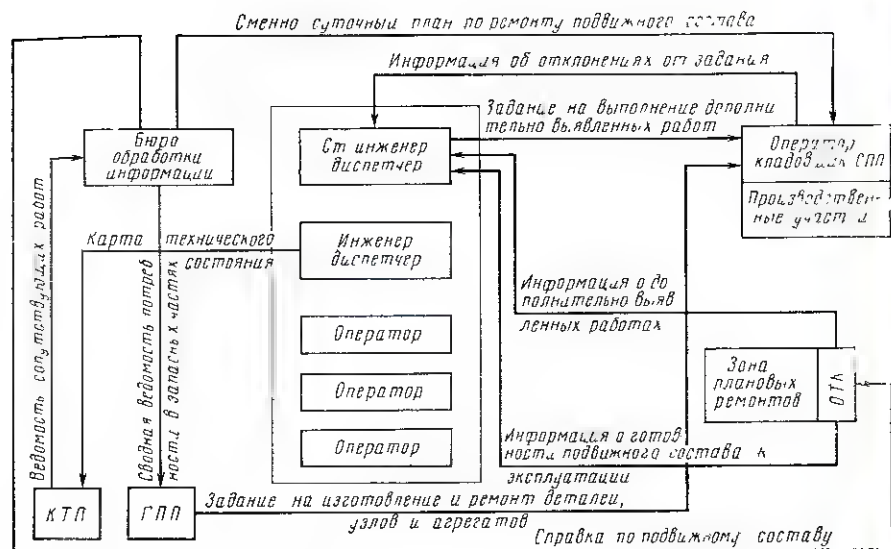


Рис. 6. Схема движения информации

права и обязанности исполнителей, средства обеспечения функционирования системы и содержать технико-экономическое обоснование для внедрения проектируемой системы.

Создание в депо центров управления с соответствующими средствами связи для сбора и обработки информации обеспечивает повышение эффективности производства. Однако достигнутые результаты будут ниже возможных, если одновременно не осуществлять мероприятия по совершенствованию процесса работ ремонтного персонала, механизации производства, системы материального стимулирования, организации рабочих мест на основе требования научной организации труда, передовой технологии работ, резкому улучшению материально-технического снабжения и эргономике на участках работ.

Эффективность реализации проектов организации ЦУП во многом зависит от технологической подготовки производства, гарантированного обеспечения производственных подразделений запасными частями, материалами и оборотного фонда узлов и агрегатов, а также от подготовленности технических кадров работать на качественно новой основе управления производством.

12. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРОГРАММЫ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Система планово предупредительных ремонтов позволяет обеспечивать ритмичную работу депо в соответствии с программой ремонта, являющейся частью эксплуатационного плана депо.

Основой для составления производственного плана является планируемый предприятию выпуск подвижного состава на маршруты, пробег и продолжительность его работы, а также некоторые другие эксплуатационные показатели деятельности предприятия.

Производственная программа ремонта и технического обслуживания позволяет определить объем работ по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава в целом и его отдельных узлов и агрегатов, количество необходимых запасных частей и материалов, объем восстановительных и заготовительных работ. Процесс производства каждого вида технического обслуживания и ремонта, выполняемый через определенный межремонтный пробег, известен и регламентирован по срокам выполнения и объему.

Время ремонтного цикла подвижного состава $T_{\text{ц}}$, эксплуатируемого конкретным предприятием, определяется как

$$T_{\text{ц}} = \frac{L_{\text{ц}}}{L_{\text{с}}},$$

где $L_{\text{ц}}$ — длительность ремонтного цикла, установленного для данного предприятия, км; $L_{\text{с}}$ — среднегодовой пробег подвижного состава данного предприятия, км.

Среднегодовой пробег одной единицы подвижного состава депо

$$L_{\text{с}} = 365 a_{\text{в}} v_{\text{э}} t_{\text{ср}},$$

где $a_{\text{в}}$ — коэффициент выпуска, заданный депо; $v_{\text{э}}$ — эксплуатационная скорость подвижного состава, км/ч; $t_{\text{ср}}$ — средняя продолжительность работы одной единицы подвижного состава, ч.

Количество ремонтов того или иного вида за ремонтный цикл:

$$n_4 = L_{\text{ц}} : L_4; \quad n_3 = L_{\text{ц}} : L_3 - n_4; \quad n_2 = L_{\text{ц}} : L_2 - (n_4 + n_3);$$

$$n_1 = L_{\text{ц}} : L_1 - (n_4 + n_3 + n_2),$$

где $L_4; L_3; L_2; L_1$ — ремонтный цикл соответствующего вида ремонта (для троллейбуса — капитального, среднего, малого, РПР; для трамвая необходим еще так называемый большой ремонт); индексы 1, 2, 3, 4 относятся соответственно к РПР, малому, среднему и капитальному ремонтам.

Для того чтобы выяснить, сколько раз в году каждая единица подвижного состава пройдет соответствующий вид ремонта, определяют коэффициент каждого вида ремонта: $\kappa_4 = n_4 / T_{\text{ц}}$; $\kappa_3 = n_3 / T_{\text{ц}}$; $\kappa_2 = n_2 / T_{\text{ц}}$; $\kappa_1 = n_1 / T_{\text{ц}}$; $\kappa_{\text{ЕО}} = 365 a_{\text{в}}$; $\kappa_0 = 365 a_{\text{в}}$. Здесь β — коэффициент одновременности:

$$\beta = 1 / (C_{\text{р}} + 1),$$

где $C_{\text{р}}$ — принятая периодичность КПО в конкретном депо.

Объем текущего ремонта (заявочного) можно оценить либо на основе обработки статистических данных по текущему ремонту для конкретного предприятия, либо в процентах к выпускаемому на маршруты подвижному составу. Практика показывает, что

ориентировочно 5—7% количества выпускаемого подвижного состава попадает в текущий ремонт, выполняемый в дневное время, и 8—10% в текущий ремонт, выполняемый в ночное время. (Меньшие цифры соответствуют трамвайным депо, а большие — троллейбусным.) Тогда годовую программу текущего ремонта по предприятию в дневное и ночное время можно определить соответственно как

$$n'_{г.д} = (0,05 \div 0,07) 365 A_n a_n \quad \text{и} \quad n'_{г.н} = (0,08 \div 0,1) 365 A_n a_n,$$

а ежесуточная соответственно будет в 365 раз меньше. Здесь A_n — инвентарный парк троллейбусов или трамвайных вагонов.

Количество ремонтов и технического обслуживания каждого вида, которые необходимо выполнить в течение года, определяется как:

$$\begin{aligned} n'_4 &= A_n \kappa_4; \quad n'_3 = A_n \kappa_3; \quad n'_2 = A_n \kappa_2; \\ n'_1 &= A_n \kappa_1; \quad n'_0 = A_n \kappa_0; \quad n'_{Е0} = A_n \kappa_{Е0}. \end{aligned}$$

Выполняемое в течение рабочих суток количество ремонтов и технического обслуживания каждого вида определяется с учетом рабочих дней за календарный год:

$$\begin{aligned} n_4 &= n'_4 : 254; \quad n_0 = n'_0 : 254; \quad n_2 = n'_2 : 254; \\ n_1 &= n'_1 : 254; \quad n_0 = n'_0 : 365; \\ n_{Е0} &= n'_{Е0} : 365; \quad n_{г.д} = n'_{г.д} : 365; \quad n_{г.н} = n'_{г.н} : 365. \end{aligned}$$

Если все расчетные данные свести в таблицу формы, показанной ниже, то получится наглядная и удобная для контроля и исполнения программа ремонта и технического обслуживания эксплуатационного депо.

Примерная форма, отображающая содержание эксплуатационного плана троллейбусного депо, следующая:

Инвентарный парк A_n
Выпускаемое на линию количество подвижного состава $A_n - A_n a_n$
Пробег $L_n = 365 A_n v_z t_{сс}$
Коэффициент одновременности $\beta = 1/(C_p + 1)$
Количество подвижного состава, находящегося в текущем ремонте дневном $(0,05 \div 0,07) A_n$
То же в ночном $(0,08 \div 0,1) A_n$

Вид ремонта или технического обслуживания	Количество ремонтов или технического обслуживания за ремонтный цикл (n)	Коэффициент ремонта или технического обслуживания (κ)	Количество ремонтов или технического обслуживания за рабочий день (n')	Количество ремонтов или технического обслуживания за рабочий день (n'')	Примечание

Депо сможет устойчиво обеспечивать выпуск подвижного состава на маршруты только тогда, когда ко времени выпуска оно имеет резерв готовых к работе единиц подвижного состава. Принято считать, что для этого 3% выпускаемого количества подвижного состава, технически готового к работе, должно находиться в резерве:

$$A_n - (A_n + A_{рем}) \geq A_n \cdot 0,03,$$

где $A_{рем}$ — число единиц подвижного состава, находящихся в плановых ремонтах со снятием с наряда.

Для предприятий, эксплуатирующих троллейбусы,

$$A_{рем} = n_4 + n_3 + n_2 + n_1 + n_{г.д}.$$

Для трамвайных депо к этому количеству прибавляется число вагонов, находящихся в большом ремонте в течение рабочего дня.

Если в резерве находится свыше 3% подвижного состава, технически готового к работе на маршрутах, представляется возможным обеспечить более высокий коэффициент выпуска, что повышает технико-экономическую эффективность деятельности депо.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДЕПО И РЕМОНТНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

13. ТРАМВАЙНЫЕ И ТРОЛЛЕЙБУСНЫЕ ДЕПО

Депо предназначено для хранения, технического обслуживания и ремонта подвижного состава, используемого для пассажирских перевозок по закрепленным за депо маршрутам. Трамвайные и троллейбусные депо по характеру деятельности можно подразделить на эксплуатационные и ремонтно-эксплуатационные, с хранением подвижного состава в закрытых помещениях или на открытых площадках. Ремонтно-эксплуатационное депо, имеющее в своем составе троллейбусные ремонтные мастерские (ТРМ) или вагонные ремонтные мастерские (ВРМ), выполняет работы, связанные с технической эксплуатацией и со всеми видами ремонта подвижного состава; ведет изготовление необходимых запасных частей и работы по модернизации подвижного состава. Эксплуатационное депо выполняет работы, предусмотренные характеристиками технического обслуживания, малого и иногда среднего ремонта, а все остальные виды ремонта, включая модернизацию подвижного состава, изготовление запасных частей и некоторого оборудования для оснащения зон ремонта и технического обслуживания при этом производят ремонтные заводы или специализированные ремонтные мастерские.

Производственные и технологические функции эксплуатационного и ремонтно-эксплуатационного депо (рис. 7, 8) различны. Поэтому различны и предъявляемые к этим депо требования, а так-

же их практическая реализация по технологической планировке, оснащенности, расстановке оборудования, профессиональной подготовке и квалификации рабочих, организационной структуре предприятия и штату инженерно-технического персонала.

Иметь отдельно эксплуатационные депо и ремонтные мастерские целесообразно только при достаточной производственной мощности этих депо и мастерских и относительно большом объеме работ, обеспечивающем полное использование производственных площадей, оборудования и штата работающих.

Для предприятий малой и средней мощностей (до 150 единиц подвижного состава), не имеющих производственных связей с ремонтными заводами, целесообразна совместная компоновка производственных помещений эксплуатационного и ремонтного профиля, т. е. организация ремонтно-эксплуатационного депо.

Вместимость эксплуатационного депо — это число единиц подвижного состава, для которого могут быть выполнены техническое обслуживание и ремонт.

Инвентарное количество подвижного состава, приписанное к конкретному депо, должно быть обеспечено достаточными производственными площадями для организации его технического обслуживания и территорией для размещения подвижного состава на межменный отстой; безопасными условиями маневрирования и необходимыми удобствами для выпуска его на маршруты города. Нормальные условия функционирования депо обеспечиваются оперативным руководством эксплуатационной деятельностью, целесообразной технологической планировкой и оптимальными нулевыми пробегами.

Вместимость депо, в каждом конкретном случае, определяется технико-экономическим обоснованием, с учетом перспективных изменений в пассажирских перевозках. Практика работы трамвайных и троллейбусных депо показывает, что средняя вместимость должна быть в пределах 100—150 единиц для трамвайных и 150—200 единиц для троллейбусных депо.

Объем пассажирских перевозок, транспортная подвижность населения, конфигурация транспортной сети, маршрутная схема, градостроительные требования, производственные и технологические планировочные решения и ряд других факторов определяют целесообразность равномерного размещения по территории города эксплуатационных предприятий с указанной выше вместимостью.

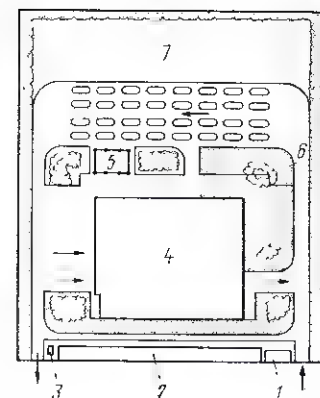


Рис. 8. Генеральный план троллейбусного депо с открытым хранением троллейбусов:

1 — контрольно-пропускной пункт; 2 — административный корпус; 3 — помещение дежурного по выпуску; 4 — производственный корпус; 5 — материальный склад; 6 — склад горюче-смазочных материалов; 7 — территория для перспективного развития

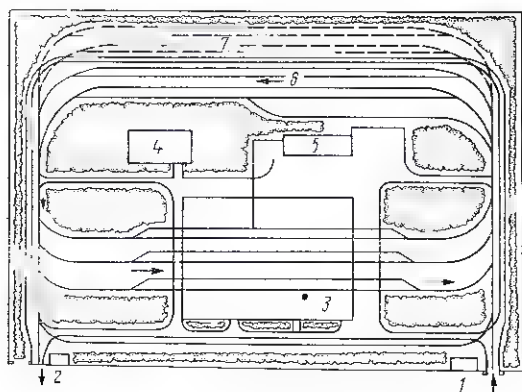


Рис. 7. Генеральный план трамвайного депо, в котором предусмотрено открытое хранение вагонов:

1 — контрольно-пропускной пункт; 2 — помещение дежурного по выпуску; 3 — производственный корпус; 4 — площадка отдыха; 5 — складские помещения; 6 — территория хранения трамвайных вагонов; 7 — территория для развития сети трамвайных путей

Таблица 7

Площадь земельного участка депо

Число единиц подвижного состава	Площадь земельного участка, км ²		
	Трамвайные (троллейбусные) депо	ВРМ (ТРМ)	Объединенные депо и ВРМ (ТРМ),
До 50	0,025 (0,02)	0,02 (0,02)	0,028 (0,025)
51—100	0,03 (0,03)	0,025 (0,027)	0,035 (0,035)
101—150	0,04 (0,035)	0,03 (0,03)	0,045 (0,04)
151—200	0,05 (0,04)	0,03 (0,03)	0,055 (0,045)

Развитие эксплуатационных предприятий должно быть увязано с ожидаемым развитием города, его промышленности, культурных, спортивных, торговых и других центров транспортного тяготения.

Территория, отводимая для эксплуатационного депо, должна соответствовать инвентарному числу подвижного состава и принятым методам технического обслуживания и хранения. При этом учитываются специфические условия эксплуатации и перспективы развития предприятия не только по вместимости, но и по технической оснащенности, изменяющейся в результате научно-технического прогресса.

Конфигурация территории должна быть близка к прямоугольной форме, желательно с соотношением сторон 1:1,5. Въезды и выезды с территории целесообразно располагать на более длинной стороне. Эксплуатационное депо необходимо размещать на горизонтальном земельном участке, свободном от пливунгов и высоких грунтовых вод, и обеспечивать его развитой водопроводной, канализационной и топливно-энергетической сетью. В плане города участок, отводимый для эксплуатационного депо, располагают так, чтобы транспортная сеть, существующая и прогнозируемая, обеспечивала наименьшие нулевые пробеги подвижного состава, а жилые массивы менее всего ощущали влияние депо на окружающую среду. Следовательно, целесообразно эксплуатационное депо располагать в районах транспортного тяготения, вблизи от пунктов возникновения или окончания основных пассажиропотоков, с использованием градостроительных решений отгораживающих депо от жилых массивов. Бесспорно, что эксплуатационное депо должно находиться не в центре города.

Земельные участки (табл. 7), отводимые для строительства ремонтных мастерских или заводов, должны соответствовать проектируемой производственной мощности и отвечать тем же гидрологическим, топографическим и экологическим требованиям, что и участки, отводимые для строительства депо. В общем случае на одну единицу подвижного состава должно приходиться территории около 200 м² на один троллейбус и около 300 м² на один трамвайный вагон, числящийся в инвентаре депо.

14. СТРУКТУРА И СОСТАВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ДЕПО

Эксплуатационное депо должно иметь здания и сооружения, структурно организованные по цеховой или участковой схеме. В них располагаются зона технической эксплуатации подвижного состава с профилакторием, мастерскими и шиномонтажным отделением для троллейбусных депо; зона ремонта подвижного состава, узлов и агрегатов с производственными мастерскими; участки вспомогательных и подсобных работ; административно-хозяйственный и культурно-бытовой комплекс; складские и энергетические сооружения; зона хранения подвижного состава.

В случае необходимости в зависимости от местных условий при эксплуатационном депо размещают также сооружения и участки для нужд обслуживающих служб (служба пути, контактной сети, подстанций, аварийно-восстановительная и т. д.).

Территория депо ограждается, так как представляет собой зону повышенной опасности из-за непрерывно совершаемых на ней маневровых передвижений подвижного состава и оснащения ее контактными проводами, находящимися под напряжением 550 В.

Состав зданий и сооружений ремонтных мастерских и заводов в основном аналогичен. Принципиальное отличие планировочных решений ремонтных предприятий от эксплуатационного депо заключается в том, что вместо профилактория предусматривается производственный корпус, а территория хранения подвижного состава имеет размеры, ограниченные потребностью производства.

В эксплуатационном депо на участке технической эксплуатации подвижного состава, включающего профилакторий и ряд мастерских, выполняются все работы по техническому обслуживанию подвижного состава и текущему ремонту.

Мастерские участка обеспечивают выполнение программы работ в соответствии с характеристиками и объемами технического обслуживания и ремонта.

На участках ремонта подвижного состава, узлов и агрегатов выполняются работы по малому ремонту, включая кузовные и малярные работы, производится ремонт и восстановление деталей, узлов и агрегатов. Этот участок в наибольшей степени оснащен специальным и станочным оборудованием; рабочие бригады участка выполняют также работы, связанные с изготовлением ряда деталей, производством нестандартного оборудования, внедрением рационализаторских предложений.

С учетом местных условий и традиций мастерские участки технического обслуживания и ремонта можно группировать по технологическим, организационным и производственным признакам с целью повышения качества работ, производительного труда или технологичности процесса работ.

Технологические процессы технического обслуживания и ремонта не могут быть полностью осуществлены без развитого вспомогательного производства.

К вспомогательным и подсобным относятся работы, выполняемые в мастерских отдела главного механика по обслуживанию энергосилового хозяйства, станочного и подъемно-транспортного оборудования депо, вентиляционных и канализационно-водопроводных систем, узла связи и очистных сооружений, а также работы по техническому содержанию зданий, сооружений и других объектов депо.

К административно-хозяйственному и культурно-бытовому комплексу относятся здания и помещения, где размещается аппарат управления депо, партийные и общественные организации, отделы, организующие и контролирующие работу депо. Гардеробные, туалеты, душевые, столовые, буфеты, медпункт, библиотека, комнаты отдыха и т. д. также входят в состав этого комплекса.

Складские помещения депо обеспечивают надлежащее хранение запасных частей и агрегатов, инструмента и оборудования, горюче-смазочных и строительных материалов, а также ряда других материальных ценностей, обеспечивающих эксплуатацию деятельности депо. Состав и площадь складских помещений зависят от производственной программы депо, норм расхода и запаса материальных ценностей, действующих удельных норм площадей на единицу подвижного состава и других нормативных требований. Складские помещения оборудуются средствами механизации для выполнения подъемно-транспортных операций; на территории депо их стремятся расположить ближе к месту потребления хранящихся материалов и оборудования. При этом должны обеспечиваться пожарная безопасность, необходимые расстояния между зданиями, а также исключаться затопления паводковыми водами и т. п.

Обычно на территории депо размещают трансформаторный пункт, обеспечивающий потребность депо в электроэнергии переменного тока для целей освещения, технических и технологических нужд.

Хранение подвижного состава осуществляется на открытой площадке или в отдельном крытом помещении, которые должны иметь хорошее дорожное покрытие; быть оборудованы контактной сетью, достаточным искусственным освещением, системой стока поверхностных вод и для трамвайного депо, веером рельсовых путей. При закрытом хранении подвижного состава здание оборудуют системой отопления и тепловых завес.

Эксплуатационное депо представляет собой сложное хозяйство и для его нормальной работы необходимы четкая организация управления, рациональная структура и гибкая система связей между отдельными подразделениями.

Организационная структура эксплуатационного депо основывается на принципах единоначалия, хозяйственного расчета, персональной ответственности за порученный участок работы, морального и материального стимулирования за количество и качество выполненных работ, многоступенчатого контроля исполнения. Организационная структура депо зависит от объема работ, выполняемых им.

Во главе депо стоит начальник, имеющий двух или трех заместителей, которыми являются главный инженер, заместитель начальника по эксплуатации и иногда заместитель по общим вопросам. Они организуют работу подчиненных подразделений и несут за нее ответственность.

Непосредственно начальнику депо подчиняются бухгалтерия, планово-экономический отдел, отдел кадров, отдел технического контроля, административно-хозяйственный отдел и отдел материально-технического снабжения. Начальник депо отвечает за выполнение основных технико-экономических показателей плана по перевозке пассажиров (пробег, сбор проездной платы, регулярность движения), за производственную деятельность депо, подбор и расстановку кадров. Начальник депо руководит воспитательной и организационной работой на предприятии.

Главному инженеру подчинены все производственные подразделения депо, производственно-технический отдел, отдел главного механика. Вопросы профессиональной подготовки кадров, охраны труда и техники безопасности, противопожарная безопасность и перспективы развития предприятия и производства находятся также в непосредственном ведении главного инженера.

Главный инженер отвечает за выполнение производственного технического обслуживания и ремонта подвижного состава; улучшение условий труда и выполнение требований техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности; техническое содержание всего технологического, подъемно-транспортного, энергетического, санитарно-технического и другого оборудования депо; техническое нормирование и экономное расходование топливно-энергетических ресурсов; совершенствование производственных процессов и механизацию труда в депо, перспективное развитие предприятия и техническое обеспечение деятельности депо.

Заместитель начальника по эксплуатации организует и руководит работой, обеспечивающей эксплуатацию подвижного состава на маршрутах города. Ему подчинены отдел эксплуатации и водители, диспетчеры движения и контролеры. Особое внимание уделяется вопросам безопасности движения и бескондукторного обслуживания пассажиров. Организация движения на закрепленных за депо маршрутах, исполнение расписания движения, предрейсовые медицинские обследования, подбор и расстановка водительского состава с учетом психо-физиологических факторов являются непосредственной сферой деятельности заместителя начальника по эксплуатации.

В тех эксплуатационных предприятиях, где предусмотрен организационной структурой заместитель по общим вопросам — на него возложено руководство культурно-бытовым обслуживанием персонала депо. Там, где нет такого заместителя, эти обязанности распределяются между начальником депо и его двумя заместителями.

Персонал депо выполняет свою работу в соответствии с должностными инструкциями, разработанными в депо и утвержденными

начальником предприятия. В должностных инструкциях изложены обязанности и права руководителей отделов и участков работ, мастеров и бригадиров.

Организацией работ, учетом и отчетностью ведают отделы управления депо.

Отдел эксплуатации или движения занимается организацией работы водителей, контролем за их деятельностью и режимом работы, диспетчеризацией движения на маршрутах, а также руководит выполнением мероприятий, обеспечивающих безопасность движения.

Производственно-технический отдел организует разработку технологического регламента технической эксплуатации, внедрение его и контроль за ним; разработку, конструирование, изготовление и внедрение приспособлений и средств малой механизации; планирование технического обслуживания и ремонта; разработку и выполнение организационно-технических мероприятий, повышающих качество работ и эффективность производства; учет, паспортизацию, сбор и обработку информации по работе подвижного состава и утрате им работоспособности; по изобретательству и рационализации. Этот отдел контролирует также выполнение мероприятий по технике безопасности и промышленной санитарии.

Отдел главного механика осуществляет капитальный и текущий ремонт зданий, сооружений и оборудования, выполняет работы по содержанию и эксплуатации силовых, энергетических, отопительных, водопроводных, канализационных, осветительных и вентиляционных систем и устройств. Отдел ведет учет и представляет отчетность по энергосиловому хозяйству и ремонту оборудования, контролирует использование и техническое состояние всех сооружений и механизмов, обеспечивающих деятельность депо.

Плановый отдел осуществляет планирование и учет всей хозяйственной деятельности депо, составляет и представляет отчетную документацию, анализирует и разрабатывает мероприятия по повышению эффективности производства, содействует организации социалистического соревнования в депо и производственных подразделениях, контролирует соотношения между уровнем заработной платы и производительностью труда и осуществляет меры, обеспечивающие необходимые их соотношения.

Бухгалтерия контролирует и регулирует финансовую деятельность депо, учитывает движение материальных ценностей, составляет необходимые отчеты и балансы, отражающие работу, ведет учет и инвентаризацию денежных средств и материальных ценностей. Бухгалтерия руководит работой по сбору, хранению и учету собранной платы за проезд и передачей их банку, несет ответственность за правильность начисления и своевременную выдачу заработной платы работающим, производство взаимных расчетов с организациями, содействующими производственной деятельности депо, контролирует материальные затраты депо.

Отдел кадров осуществляет набор, оформление, расстановку кадров предприятия; занимается вопросами пенсионного обеспече-

ния; ведет учет личного состава, профессиональной квалификации кадров, контролирует своевременное предоставление отпусков; организует учет поощрений и взысканий, содействует повышению общеобразовательного и профессионального уровня работающих, правильному подбору и эффективному использованию кадров.

Административно-хозяйственный отдел ведает организацией, эксплуатацией и содержанием административных и культурно-бытовых помещений депо; обеспечивает создание необходимых условий для производственной деятельности административно-управленческого персонала депо; организует и контролирует общее делопроизводство; осуществляет очистку и уборку территории депо от мусора и снега; отвечает за состояние зеленых насаждений на территории депо и прилегающих проездов.

Отдел снабжения занимается реализацией заявок и удовлетворением потребностей производственных и служебных подразделений депо в запасных частях, материалах, оборудовании, инвентаре, спецодежде, смазочных и других материалах; организует работу складов и обеспечивает условия для хранения материальных ценностей на складах; осуществляет контроль и учет материальных ценностей, следит за обеспеченностью нормативными запасами, предусмотренными для нормальной деятельности депо. Бесперебойное обеспечение предприятия необходимыми запасными частями и материалами, контроль за экономным и рациональным их расходом являются главной обязанностью отдела снабжения.

Отдел технического контроля следит за качеством выполнения всех видов ремонта и технического обслуживания. Отдел осуществляет контроль качества материалов и запасных частей, доставляемых на склады депо и предъявляет рекламации по некачественным изделиям; ведет анализ случаев брака в работе, разрабатывает и организует выполнение мероприятий по его предупреждению; контролирует удельное сопротивление движению троллейбусов и трамваев, организует приемку подвижного состава при возвращении его с маршрутов пассажирских перевозок.

Местные и специфические условия работы депо позволяют при разработке должностных инструкций конкретизировать функции и обязанности структурных подразделений, дополнять или сокращать примерный перечень, изложенный выше.

15. ОСНОВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И УСТРОЙСТВА ДЕПО

Количество сооружений, оборудования и устройств эксплуатационного депо зависит от инвентарного парка подвижного состава, производственной программы технического обслуживания и ремонта, сложившихся производственных связей с другими предприятиями. В каждом депо имеются главный производственный корпус, административно-бытовое здание, складские помещения, здание диспетчерской и контрольно-проходной пункт.

В главном производственном корпусе выполняются основные производственные процессы депо по технической эксплуатации подвижного состава. В нем обычно расположен профилакторий, где проводится ежедневное и профилактическое техническое обслуживание подвижного состава. В профилактории имеются осмотровые каналы, установки для мойки подвижного состава и другое оборудование, необходимое для выполнения технического обслуживания. В зоне планового ремонта, расположенной в этом корпусе, предусмотрены осмотровые каналы, подъемно-транспортные и специализированные устройства, облегчающие выполнение производственных операций. В главном корпусе находятся также зона текущего ремонта подвижного состава, производственные участки или мастерские, вспомогательные, подсобные и служебно-бытовые помещения. При совмещении моечного отделения с отделением технического обслуживания профилакторий содержит зону ежедневного обслуживания и контрольно-профилактического осмотра с поточным методом организации работ и зону ревизионно-предупредительного и текущего ремонтов, где работы ведутся стационарным методом. Количество постов при поточном методе организации работ определяется характеристиками обслуживания: два-три поста мойки и уборки и три-четыре поста технического обслуживания (осмотра). Количество постов для выполнения ревизионно-предупредительного и текущего ремонтов определяется производственной программой депо. В профилактории имеется несколько бесканавных постов для выполнения текущих ремонтов и работ, удобных для исполнения при отсутствии канав.

Практически все депо строят по типовым проектам из сборного железобетона с сеткой колонн 6 м. Площадь главного корпуса выбирается в зависимости от вместимости депо. Ширина пролетов 12 или 18 м, но можно строить корпус с шириной пролета в 24 м. Высота пролета от головки рельса или уровня пола до нижних поверхностей перекрытия принимается равной 6 м, что регламентировано высотой подвеса контактного провода.

Так как около 50% работ при техническом обслуживании и ремонте относится к узлам и агрегатам, расположенным под кузовом подвижного состава, то зоны ремонта и технического обслуживания оборудуют специальными канавами, обеспечивающими удобный доступ к подкузовному оборудованию. Конструкция канав позволяет использовать подъемно-транспортные устройства, приспособления и оснастку, механизмирующие и облегчающие труд ремонтных бригад. Глубина канав 1250–1400 мм. Во всех осмотровых и ремонтных канавах имеются ступеньки, предусмотрены стационарные осветительные устройства напряжением 12, 24, 36 или 127, 220 В, система централизованной раздачи смазочных материалов и ниши, в которых хранятся инструмент и приспособления, необходимые для выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава.

Осмотровые каналы оборудуются также электрической сетью напряжением 12, 24 или 36 В для подключения переносных ламп.

Целесообразно устанавливать в осмотровых канавах систему сигнализации, соответствующую запрограммированному ритму потока и информирующую о передвижении подвижного состава по поточной линии.

Подъемные устройства располагаются в осмотровых канавах стационарно в соответствии с постами работ, но могут быть в троллейбусных депо и передвижными. Передвижные устройства (рис. 9) с электромеханическим или гидравлическим приводом подъемных элементов создают определенные удобства в работе, так как не занимают осмотровых канав, более мобильны. Кроме того, уменьшается необходимое их число в зонах ремонта и технического обслуживания и сокращается объем их обслуживания.

Передвижной гидравлический канавный подъемник, применяемый в троллейбусном депо, состоит из гидроцилиндра со сменными насадками на шток цилиндра для удобства фиксации поднимаемого агрегата, гидронасоса с электродвигателем, аппаратуры контроля и управления. Все узлы подъемника смонтированы на плите, установленной шарнирно на колесиках. При включении подъемника под действием жидкости поднимается шток, упирается в агрегат, при этом плита опускается до пола осмотровой канавы, затем агрегат поднимается до уровня, определяемого производственной необходимостью либо выходом штока.

Приточная вентиляция через специальные каналы обеспечивает подачу подогретого воздуха в каналы. Дно канавы имеет уклон в сторону трапа (отверстия) для стока воды. В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями поверхности канав облицованы керамическими плитками. Известны конструкции канав с боковыми поверхностями приямками (рис. 10), расположенными вдоль канав для удобства обслуживания и ремонта оборудования, доступ к которому возможен через люки фальшборта. Наличие боковых приямков создает некоторые удобства при обслуживании, но удорожает строительство, осложняет возможность механизации подъемно-транспортных работ и ограничивает свободную площадь пола. Вдоль канав троллейбусного депо (рис. 11) укладывают реборды из уголкового стали, что определяет направление движения троллейбуса вдоль канавы.

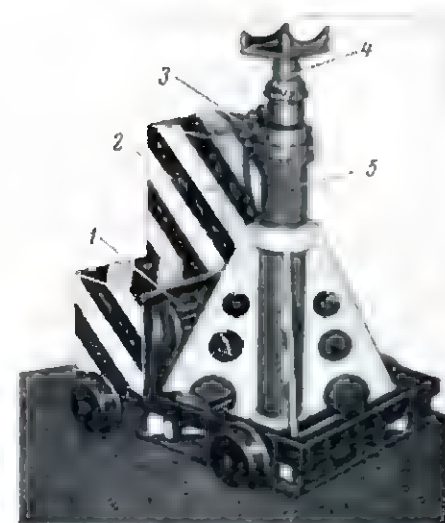


Рис. 9. Передвижной гидравлический канавный подъемник

1 — приводная станция насоса; 2 — пульт управления гидросистемой; 3 — гидропровод; 4 — шток с насадкой; 5 — гидроцилиндр

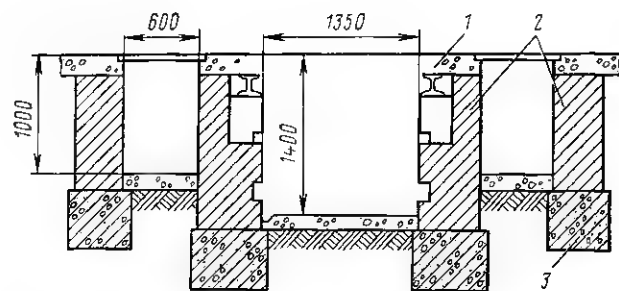


Рис. 10. Разрез осмотровой канавы трамвайного депо:
1 — рельсовая колея; 2 — конструктивные элементы;
3 — фундамент

У поста технического обслуживания и ремонта крышевого оборудования устанавливают огражденные крышевые мостики с откидывающейся панелью для перехода с них на крышу трамвайного вагона или троллейбуса. Целесообразно, чтобы откидные панели были заблокированы с разъединителями секционирования контактной сети на этом участке. Тогда при откинутой панели крышевого мостика участок контактной сети на этом посту автоматически обесточивается.

Ворота корпуса оборудованы механическим, пневматическим или гидравлическим приводом для открывания и закрывания их. Конструкция привода должна обеспечить плавность работы и безопасность для персонала и подвижного состава, что достигается в зависимости от принятой схемы установки пробуксовочного или перепускного устройства в системе привода. Привод включается в работу либо по команде оператора, либо от режима движения, выбранного водителем передвигающегося подвижного состава при проследовании секционированного участка контактной сети, расположенного перед воротами и после них.

При нажатии кнопки *Кн2* ручного управления (рис. 12) или срабатывании контактора *Р3* в случае проезда троллейбуса в тяговом режиме контактной вставки *А* включается магнитный пускатель *Р1*, контакты которого замыкают цепь питания двигателя *М* привода ворот. Когда ворота откроются, то размыкающий контакт конечного выключателя *КВ1* разомкнется и выключит магнитный пускатель *Р1*, который своими контактами отключит двигатель. Если необходимо открыть ворота не полностью, нужно нажать кнопку *Кн1*.

При выезде троллейбуса за ворота и проезде контактной вставки *Б* в тяговом режиме срабатывает контактор *Р4*, (или от нажатия кнопки *Кн3* при ручном управлении), в результате чего включается магнитный пускатель *Р2* и элек-

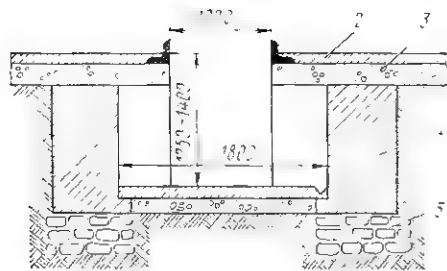


Рис. 11. Разрез осмотровой канавы троллейбусного депо:

1 — реборда; 2 — покрытие; 3 — бетонное основание; 4 — конструктивный элемент канавы; 5 — фундамент

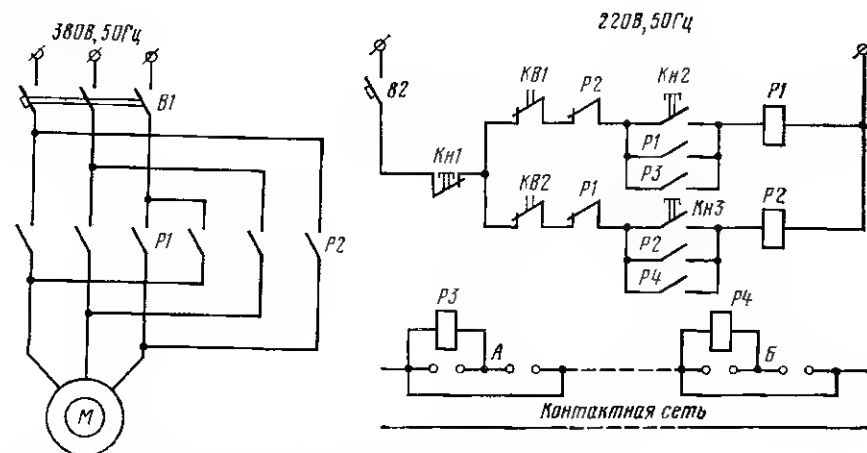


Рис. 12. Принципиальная схема управления приводом ворот

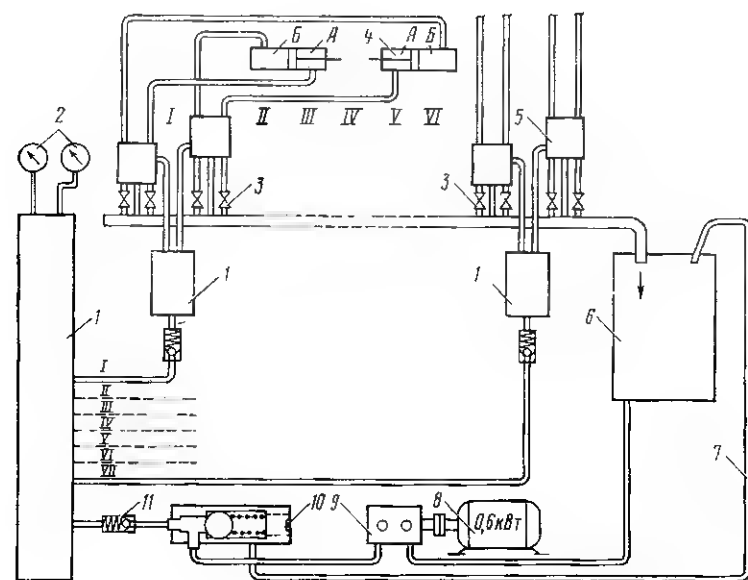


Рис. 13. Гидравлическая схема управления группой ворот производственного корпуса:

1 — ресиверы; 2 — манометры контроля давления в системе; 3 — краны синхронизации; 4 — гидроцилиндры привода; 5 — золотники; 6 — бак слива гидрожидкости; 7 — трубопровод слива при избыточном давлении; 8 — электродаватель привода насоса; 9 — насос типа НШ-10; 10 — редукционный клапан; 11 — обратный клапан

троллейбусная машина *М* начинает вращаться в другую сторону — ворота закрываются. Как только ворота закроются, сработает конечный выключатель *КВ2* и отключится магнитный пускатель *Р2*, который своими контактами отключит электродвигатель.

Управление воротами (рис. 13 и 14) производственного корпуса с гидравлическим приводом может осуществляться вручную нажатием кнопок *Кн1*, *Кн2* и *Кн3* (см. рис. 14) и автоматически с помощью реле *Р6* и *Р7*, включение и выключение которых происходит в зависимости от режима, при котором троллейбус проезжает вставку *А* или *Б* в контактной сети. При нажатии на кнопку *Кн1* или при срабатывании реле *Р6* (в тяговом режиме проезд

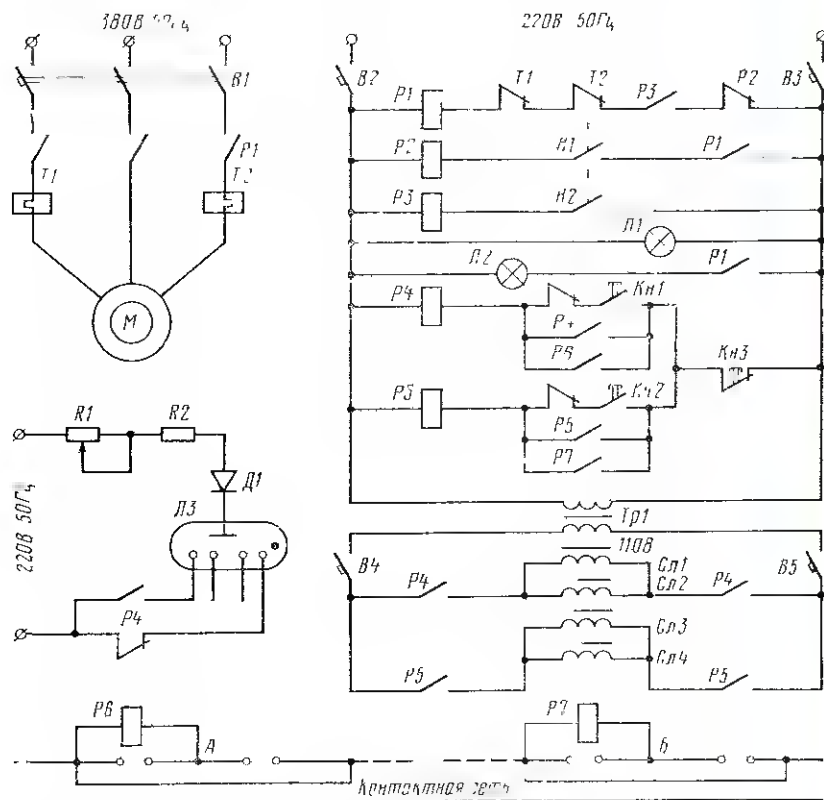


Рис. 14. Принципиальная электрическая схема группового управления гидравлическим приводом ворот производственного корпуса:

А и *Б* — вставки в контактной сети; *В1*—*В5* — выключатели с автоматическим возвратом при перегрузке или автоматические выключатели; *Кн1*, *Кн2* и *Кн3* — кнопки пуска и стопа; *Н1* и *Н2* — механические контакты манометра; *Р1* — *Р5* — обмотки магнитных пускателей и их контакты; *Т1* и *Т2* — реле тепловые и их контакты; *Л1* и *Л2* — контрольные лампы; *ЛЗ* — декатрон счетный; *М* — электродвигатель мощностью 0,6 кВт; *Д1* — диод; *Р1* и *Р2* — резисторы; *Тр1* — трансформатор понижающий 220/110 В; *Сл1* — *Сл4* — соленоиды гидравлических переключателей; *Р6* и *Р7* — обмотки контакторов и их контакты

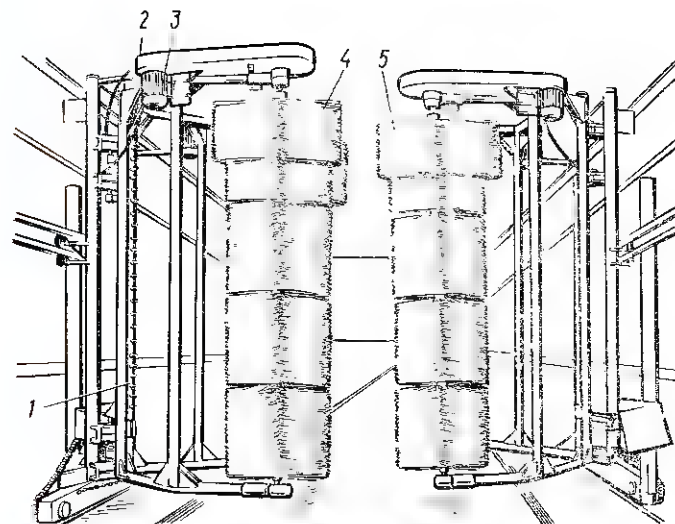


Рис. 15. Моечная машина модели 1126 (левый узел):

1 — рама; 2 — кожух приводных ремней; 3 — электродвигатель привода щеток; 4 — правая щетка; 5 — левая щетка

вставки *А*) включается реле *Р4* и своими контактами подает напряжение на обмотки соленоидов *Сл1* и *Сл2*. При этом масло поступит в полость *А* гидроцилиндров (см. рис. 13), штоки гидроцилиндров втянутся и ворота начнут открываться. Давление в гидросистеме поддерживается автоматически насосом НШ-10, подсоединенным через муфту к двигателю *М* (см. рис. 14), который подключен к электросети через контакты реле *Р1*. Реле *Р1* включается при замыкании контактов реле *Р3* и отключается при размыкании контактов реле *Р2*. Реле заблокированы механическими контактами манометра *Н1* и *Н2*.

Для того чтобы закрыть ворота, необходимо нажать кнопку *Кн2* или включить реле *Р7*. Реле *Р7* включается при проезде троллейбуса в тяговом режиме через вставку *Б* в контактной сети. При включении реле *Р7* или нажатии кнопки *Кн2* срабатывает реле *Р5* и своими контактами подает питание на обмотки соленоидов *Сл3* и *Сл4*. Масло в гидросистеме поступит в полость *Б* (см. рис. 13) гидроцилиндра. Штоки гидроцилиндров выйдут, а ворота закроются. Декатрон счетный *ЛЗ* показывает открыты (светится цифра номера ворот) или закрыты ворота (светится цифра 0).

Все ворота профилактория с учетом климатической зоны расположения депо должны иметь эффективно работающие тепловые или воздушные завесы, так как планировка корпуса не исключает сквозняков и интенсивного проникновения морозного воздуха.

Моечно-уборочное отделение оборудуется стационарными моечными машинами, вращающиеся барабаны которых оснащены щетками из капроновой нити. Подача воды для обмыва кузова осуществляется струями через различно направленные сопла стоек.

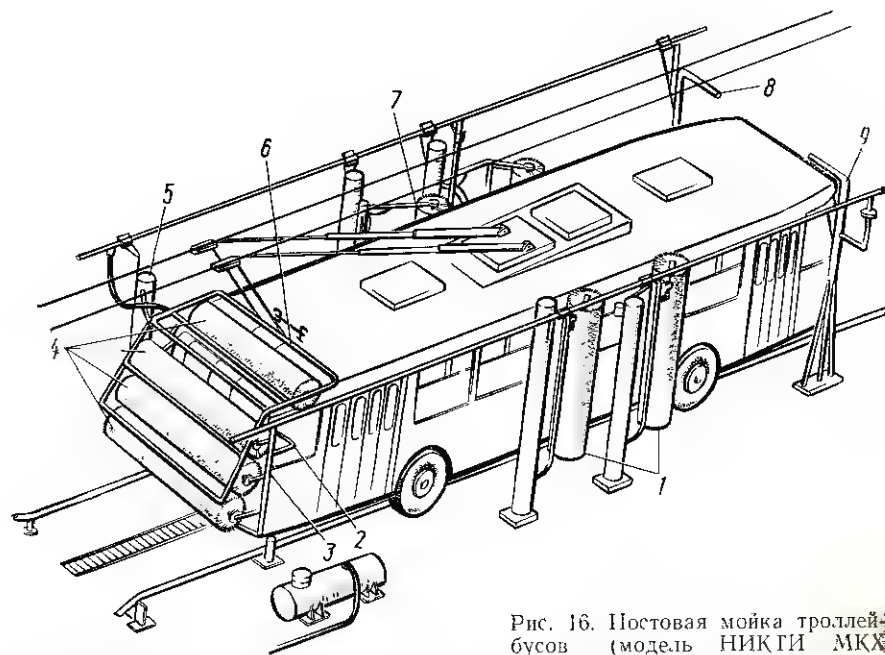


Рис. 16. Постовая мойка троллейбусов (модель НИКТИ МКХ УССР):

1 — вертикальные щетки для обмыва правой боковой поверхности; 2 — прижимное устройство горизонтальных щеток; 3 — рама для крепления горизонтальных щеток; 4 — горизонтальные щетки для обмыва торцовых поверхностей; 5 — стойки крепления блока горизонтальных щеток; 6 — прижимной ролик; 7 — вертикальные щетки для обмыва левой боковой поверхности; 8, 9 — стойки с соплами для ополаскивания кузова

Моечные барабаны прижимаются к кузову специальными пружинами или с этой целью применяют пневматические приводы. Промышленность не выпускает моечных машин для подвижного состава ГЭТ, поэтому в депо используются (после необходимой модернизации) автобусные мойки модели 1126 (рис. 15), моечные машины, конструкция которых разработана НИКТИ МКХ Украины (рис. 16), либо мойки, предложенные рационализаторами депо.

Контактная сеть в моечно-уборочном отделении секционирована для того, чтобы ее можно было отключать на время производства мойки и уборки.

Техника безопасности выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава требует принятия необходимых мер, исключающих произвольное передвижение подвижного состава по поточной линии и работу ремонтных бригад, чтобы не оказаться под напряжением контактной сети. Поэтому в эксплуатационных депо контактная сеть зон ремонта и технического обслуживания также секционирована.

Специфичность моечно-уборочных работ подвижного состава приводит в некоторых случаях к необходимости сооружения отдельного корпуса для их производства. Такое решение при проектировании должно быть обосновано при сравнении вариантов

технико-экономического задания показателями на строительство депо. Специальный корпус для моечно-уборочных работ позволяет более полно использовать оборудование, в большей степени оснащать механизмами и оборудованием посты мойки и уборки подвижного состава; кроме того, улучшается организация работ при ежедневном обслуживании.

Расход воды для мойки одной единицы подвижного состава достигает 400 л. Вся вода после мойки перед сбросом в водоемы проходит через специальные отстойные устройства, в которых осаждаются взвешенные фракции и улавливаются масляные включения.

При техническом обслуживании и ремонте всегда выполняются работы по смазке узлов трения и доливке масел в масляные ванны вращающихся механизмов. Складские помещения для смазочных материалов оборудованы емкостями и приспособлениями для хранения и раздачи смазки. В используемых маслах не должно быть твердых и абразивных примесей, повышающих интенсивность износа сопрягаемых деталей — песка, грязи и пыли. Поэтому хранение и раздачу масла осуществляют так, чтобы исключалось попадание примесей в масло. Операции по смазке узлов и заполнению масляных ванн агрегатов производят специальными устройствами, к которым под необходимым давлением подаются смазочные материалы. Централизованная подача смазочных материалов от мест хранения к местам использования снижает их расход, исключает загрязнение масел, повышает культуру труда. Однако такая система не исключает использования приспособлений, наполняемых вручную из переносных закрытых малообъемных емкостей.

Шиномонтажный участок профилактория троллейбусного депо содержит отделение по демонтажу и монтажу шин и отделение вулканизации, в котором производится ремонт камер и изготовление резинотехнических изделий. Этот участок должен быть обеспечен необходимым стандартным и нестандартным оборудованием, подъемно-транспортными устройствами, стеллажами для хранения требуемого запаса изделий, специальной камерой, в которой производится накачка шин воздухом до требуемого давления.

На рис. 17 изображено нестандартное устройство с гидравлическим приводом для выполнения трудоемкой операции по монтажу и демонтажу шин.

Трамвайные вагоны нельзя эксплуатировать на пассажирских маршрутах, если их песочницы не обеспечены запасом сухого песка. Используется кварцевый песок с примесью посторонних фракций не более 20% и размером зерен от 0,1 до 1,2 мм. Песочницы заполняются по системе механизированной пескораздачи. Транспортировка песка по трубопроводам, а также его использование на трамвайных вагонах возможны только в том случае, если песок сухой. Поэтому в системе механизированной пескораздачи предусмотрена сушка песка в сушильных или вибрационных печах.

Мастерские и их участки по ремонту узлов и агрегатов подвижного состава оборудуются стационарными моечными машинами для выполнения операций очистки и подготовки деталей, узлов и

агрегатов к ремонту и восстановлению, верстаками, стеллажами, стаичным оборудованием, грузоподъемными механизмами, транспортными средствами, приспособлениями, стендами и манипуляторами, облегчающими выполнение работ и контроль за качеством ремонта.

Состояние воздушной среды, освещенность рабочих мест и другие условия труда на производственных участках должны способствовать высокой производительности труда, необходимому качеству работ и соответствовать требованиям техники безопасности.

Необходимо, чтобы территория депо была хорошо освещена; это облегчает ведение маневровых работ и обеспечивает безопасность движения. В целях экономного расхода электроэнергии для целей освещения территории в ночное время полезно устанавливать устройства автоматического включения и выключения внешнего освещения (рис. 18), для которого командой на срабатывание служит уровень освещенности.

В зависимости от освещенности изменяется сопротивление фоторезистора $R3$, вследствие чего изменяется и ток через обмотку реле $P1$. В случае уменьшения освещенности (наступление сумерек) сопротивление фоторезистора и ток через обмотку реле $P1$

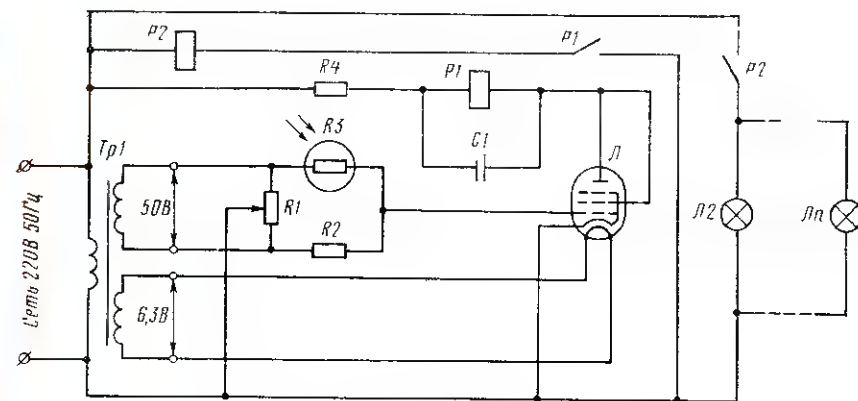


Рис. 18. Принципиальная схема устройства включения и выключения наружного освещения территории депо:

$Тр1$ — трансформатор; $P1$ — реле тока; $P2$ — магнитный пускатель; $Л$ — пентод; $Л2$ — лампы освещения; $C1$ — конденсатор; $R1$ — резистор переменного сопротивления; $R2$ и $R4$ — резисторы постоянного сопротивления; $R3$ — фоторезистор

возрастают; при достижении током заданного значения срабатывает реле $P1$ и своим контактом замыкает цепь питания реле $P2$, которое в свою очередь включает наружное освещение территории депо. Утром, когда освещенность увеличивается, сопротивление фоторезистора и ток через обмотку реле $P1$ уменьшаются, при достижении током заданного значения реле $P1$ отключается и своим контактом размыкает цепь питания реле $P2$; при этом наружное освещение отключается.

16. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РЕМОНТНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Капитальный ремонт подвижного состава, его модернизация, изготовление некоторых запасных частей и нестандартного оборудования производятся специализированными ремонтными предприятиями — ремонтными заводами или ремонтными мастерскими. Создавать такие предприятия целесообразно при достаточной программе ремонтно-восстановительных работ и возможности удобного размещения этих предприятий относительно обслуживаемых эксплуатационных депо. Ремонтный завод (РЗ) или ремонтные мастерские (РМ) соответствующей производственной мощности организуют для группы депо, основываясь на их общей годовой производственной программе.

Ремонтные мастерские могут быть обособленными предприятиями или могут быть совмещены с одним из эксплуатационных депо.

Цеховая структура ремонтных предприятий позволяет специализировать производственные участки, что способствует росту про-

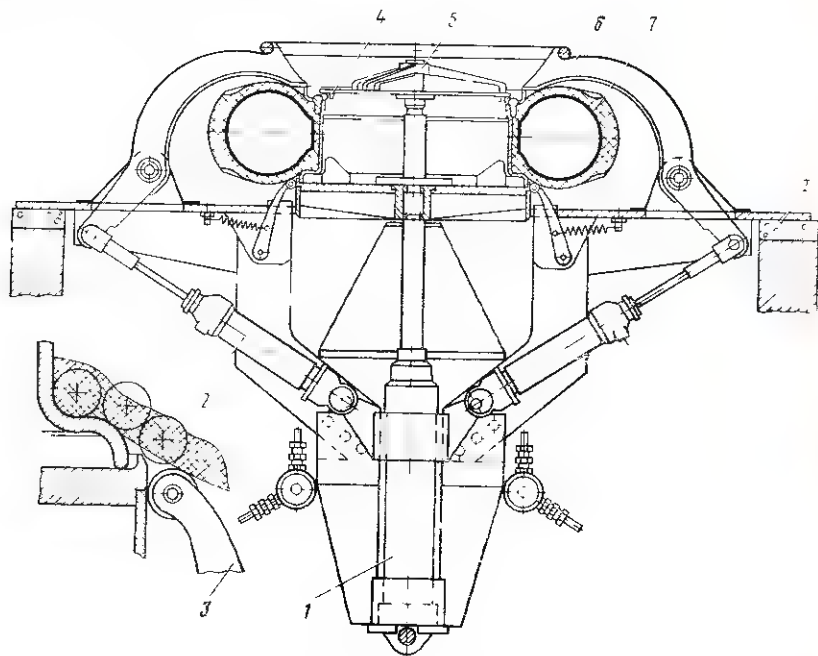


Рис. 17. Демонтажно-монтажная установка для формирования шин троллейбуса:

a — уровень пола; 1 — главный гидравлический цилиндр; 2 — гидравлические цилиндры прижимных коромысел (4 шт.); 3 — отжимные ролики (18 шт.); 4 — фиксирующий диск; 5 — зажимная гайка диска; 6 — прижимные коромысла (4 шт.); 7 — шина колеса троллейбуса

изводительности труда и повышению экономической эффективности производства. Ремонтные предприятия содержат: группы цехов основного производства, в которых ведется ремонт подвижного состава, его модернизация и изготовление запасных частей; группу цехов вспомогательного производства, обеспечивающих ритмичную и бесперебойную работу цехов основного производства; развитое складское хозяйство с запасом материалов, полуфабрикатов и сырья для работы цехов основного и вспомогательного производства; топливно-энергетические, санитарно-технические и другие устройства, обеспечивающие технологические, коммунально-бытовые и хозяйственные потребности производства, а также здания административного и социально-культурного назначения.

Состав цехов ремонтного предприятия в основном определяется производственным заданием; немаловажную роль при этом играют складывающиеся производственные связи с промышленными и родственными предприятиями, природно-климатические и местные условия.

Главным на специализированном предприятии является кузовной цех, вокруг которого группируются все остальные цехи и участки по ремонту узлов и агрегатов подвижного состава. Ремонт кузова требует значительных затрат труда и больших производственных площадей, оснащенных различными механизмами и устройствами. Напомним, что основной причиной, вызывающей необходимость капитального ремонта подвижного состава, является разрушение элементов конструкции кузова. В кузовном цехе имеются: участки по ремонту и изготовлению отдельных элементов каркаса, обшивки и оборудования кузова; участки электромонтажных работ по ремонту и замене электрической проводки; участок по ремонту и замене трубопроводов, ремонту пневмо- и гидравлического оборудования, монтируемого на кузове; слесарно-механический участок по ремонту узлов и деталей кузовного оборудования и ряд других участков.

Если нет разборочного и сборочного отделений, операций по демонтажу и монтажу оборудования подвижного состава ведутся в кузовном цехе. При этом работы по ремонту кузова начинаются с демонтажа оборудования и заканчиваются монтажом оборудования, прошедшего ремонт. Целесообразней иметь цехи разборки и сборки подвижного состава, в которых выполняются все работы по демонтажу и монтажу агрегатов и оборудования, ходовых элементов и токоприемных устройств. В цехе разборки производится демонтаж оборудования и ведется подготовка кузова к ремонту. Снятые узлы, агрегаты и устройства направляются на специализированные участки, где и производится их ремонт.

В цехе сборки выполняются работы по монтажу оборудования, агрегатов и устройств на уже отремонтированный кузов. Однако такие цехи могут быть организованы при большой производственной программе, в том случае, если в них поставляется для капитального ремонта подвижной состав из большого числа эксплуатационных депо.

Специализированные ремонтные предприятия, кроме кузовного цеха, имеют ряд цехов основного производства по ремонту оборудования подвижного состава и цехи общего назначения.

Цехи по ремонту агрегатов, узлов и аппаратов механического, электрического, пневматического и гидравлического оборудования имеют участки, специализирующиеся на ремонте одного или нескольких узлов, агрегатов, аппаратов и устройств. К цехам общего назначения относятся механический по обработке металла; кузнечно-термический по изготовлению и термической обработке узлов, деталей и заготовок; сварочный по ремонту и восстановлению деталей и узлов различными методами сварки и наплавки; пластмассовых изделий и покрытий по изготовлению деталей и нанесению пластмассовых защитных и декоративных покрытий; гальванический для восстановления деталей и нанесения покрытий и малярный для выполнения работ по окраске подвижного состава. Все они располагаются вокруг кузовного цеха так, чтобы коммуникационные связи были технологичными и рациональными.

Количество цехов основного производства и общего назначения, их деление на участки и отделения определяются программой работ, организацией кооперированных поставок и возникающей потребностью производства.

К цехам и участкам вспомогательного производства относятся инструментальный по изготовлению инструмента и технологической оснастки; ремонтно-механический по поддержанию в работоспособном состоянии станочного, прессового и механического оборудования; электроремонтный по ремонту электрического оборудования и устройств основного производства, центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ) для выполнения работ по анализу, испытаниям и контролю качества изделий и материалов, поступающих в производство, и другие цехи и участки, обеспечивающие вспомогательные потребности предприятия.

В складских помещениях и на специальных площадках хранятся материалы, сырье, готовые изделия, запасные части, топливо, оборудование и т. д., необходимые для организации нормального производственного процесса. Складское хозяйство обычно специализировано по видам, характеру и свойствам материала и изделий, имеет отделения в цехах и на участках, что позволяет механизировать складские операции и снизить затраты труда на транспортные работы.

Административные, культурно-бытовые и хозяйственные здания и помещения создаются в необходимом объеме для организации управления, санитарного и культурно-бытового обслуживания работников.

Кузовной цех оказывает самое существенное влияние на организацию всего ремонтного процесса. Все цехи основного и вспомогательного производства должны удовлетворять нужды кузовного цеха и их располагают так, чтобы издержки производства на транспортные и технологические операции были наименьшими, чтобы была обеспечена возможность развития отдельных участков про-

изводства и внедрения эффективных способов труда. Поточные линии в кузовном цехе могут быть применены лишь при достаточном объеме работ. При этом необходимо рационально разместить участки работ и технологическое оборудование на этих участках, регламентированных по времени и месту производственных операций, а также обеспечить высокую культуру труда и четкое управление процессом производства. Схема перемещения кузова при поточном методе ремонта в кузовном цехе определяет планировку главного корпуса предприятия с цехами основного и вспомогательного производства. Кузова подвижного состава могут перемещаться от поста к посту либо в продольном (рис. 19), либо в поперечном (рис. 20) направлении относительно своей продольной оси.

Принципиальное различие этих схем заключается в способах перемещения кузова. В случае поперечного перемещения предполагается транспортировка кузова от поста к посту с помощью мостового крана, в случае продольного для этого используют специальные монтажные тележки.

При поперечном перемещении кузова может быть применена поточная форма организации работ для ремонта разнотипного подвижного состава, с резко различающейся трудоемкостью ремонта, а следовательно, оснащенностью агрегатами, оборудованием и устройствами. Ритм ремонта в таких случаях определяется готовностью производства к регламентированному выполнению необходимых работ на том или ином посту. Так как в случае поперечного перемещения кузова предусматривается перенос мостовым краном кузова с поста на пост, то возможно переносить его через пост, на котором производится ремонт с трудоемкостью операций, превышающей по времени такт потока. При согласующейся по объему программе ремонтных работ для разнотипного подвижного состава можно организовать несколько поточных линий, работающих в различном ритме, и тогда преимущества поперечного перемещения

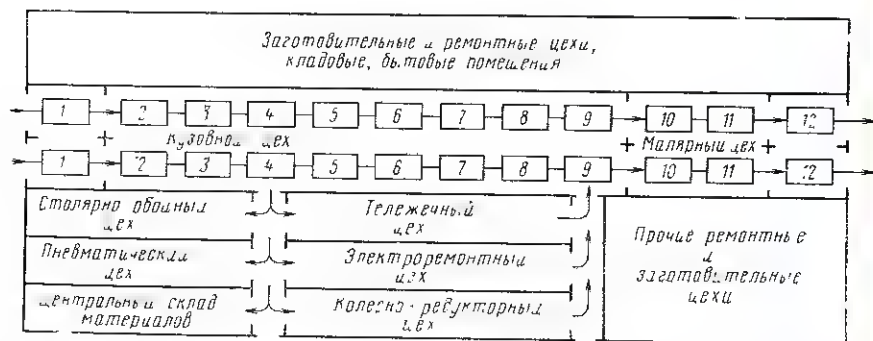


Рис. 19. Схематическая планировка главного корпуса при продольном перемещении кузова в кузовном цехе:

1—4 — посты демонтажа основного оборудования и агрегатов трамвайного вагона; 5—9 — посты ремонта кузова и установки на нем отремонтированного оборудования и агрегатов; 10—12 — посты окраски и сушки трамвайного вагона

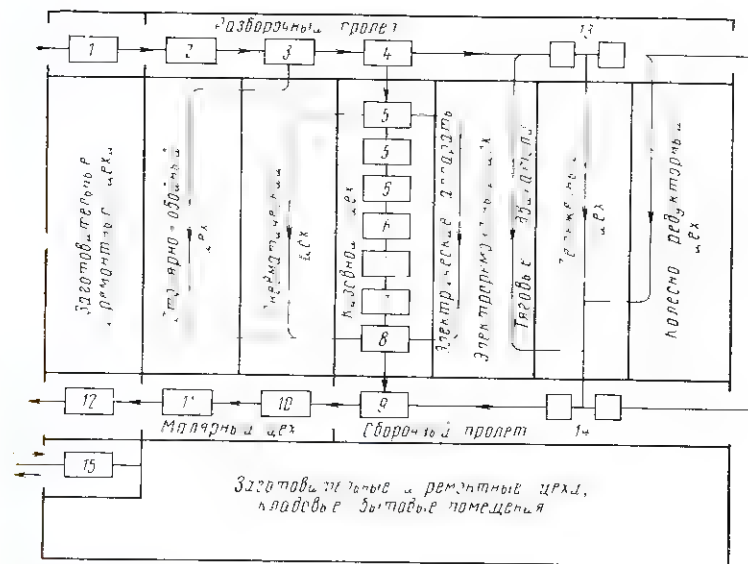


Рис. 20. Схематическая планировка главного корпуса с поперечным перемещением кузова в кузовном цехе:

1—4 — посты демонтажа основного оборудования и агрегатов трамвайного вагона; 5—9 — посты ремонта кузова и установки на нем отремонтированного оборудования и агрегатов; 10—12 — посты окраски и сушки трамвайного вагона; 13 — пост разборки тележек; 14 — пост отремонтированных тележек, готовых для установки на них трамвайного вагона; 15 — пост устранения дефектов, выявленных во время обкатки трамвайных вагонов

будут утрачены. Вместе с тем, поперечное перемещение позволяет сочетать поточную форму организации работ со стационарной; открывает возможность для развития главного корпуса в сторону разборочных и сборочных пролетов; кроме того, при этом используются кратчайшие транспортные пути доставки узлов и агрегатов в ремонтные цехи и из них на монтаж.

Основные недостатки схемы поперечного перемещения кузова — необходимость применения мостовых кранов большой грузоподъемности с низким коэффициентом их использования, трудности по обеспечению безопасности персонала при работе крана, значительная высота здания, удорожающая как его строительство, так обслуживание и уход за ним.

При продольном перемещении кузова сочетание поточного метода ремонта со стационарным исключается, такт потока задается относительно равномерной разбивкой трудоемкости работ по отдельным постам потока, что стимулирует повышение производительности труда и ритмичную работу. В этом случае кузова подвижного состава, установленные на монтажные тележки, перемещаются от поста к посту в заданном ритме. Однако при продольном перемещении кузова по потоку не представляется возможным организовать на одной поточной линии ремонт разнотипного подвижного состава, сложнее организовать трудовой процесс бригад отдельных

постов из-за различия трудоемкости операций; кроме того, возникают дополнительные затраты труда в случаях недостаточно четкой организации производства и неритмичного материально-технического снабжения.

Если программа ремонта невелика, применяется стационарный метод, что чаще всего характерно для ремонтных мастерских. Стационарный метод позволяет вести ремонт разнотипного подвижного состава, подвижного состава с различной трудоемкостью выполняемых работ; однако при этом более эффективно используются производственные площади и требуются относительно меньшие транспортные затраты на одну ремонтируемую единицу подвижного состава.

Недостатком схемы организации работ, использующей стационарный метод, является более низкий уровень производительности труда, невозможность широкого внедрения механизации, значительный простой подвижного состава в ремонте и ограниченная возможность перестройки производства.

17. ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ДЕПО

Разработка проектов новых предприятий и реконструкции действующих ведется в соответствии с требованиями, изложенными в сборниках строительных норм и правил (СНиП) по проектированию производственных зданий и промышленных предприятий, а также техническими условиями и нормами проектирования депо и Правилами технической эксплуатации.

При разработке проектов эксплуатационных депо в техническом задании должны быть определены основные технико-экономические параметры деятельности предприятия, выполнение которых обеспечивается реализацией проектов. Определению подлежат: производственная программа (годовой пробег подвижного состава, годовое и суточное количество технических обслуживаний и ремонтов, годовой объем работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава); количество рабочих постов по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава и мест его хранения; количество работающих на предприятиях; площади производственных, вспомогательных, складских и подсобных помещений.

На основе утвержденного технического задания, содержащего технико-экономическое обоснование необходимости и целесообразности предполагаемых работ и основных параметров проектируемого предприятия, разрабатывается техническая документация, содержащая чертежи, расчеты и пояснения к ним как по строительной-архитектурной части, так и по технологическому разделу проекта. Чем тщательнее подготовлена проектно-сметная документация, чем выше качество и полнее объем выполненных работ, предусмотренных в проекте, тем больше условия деятельности

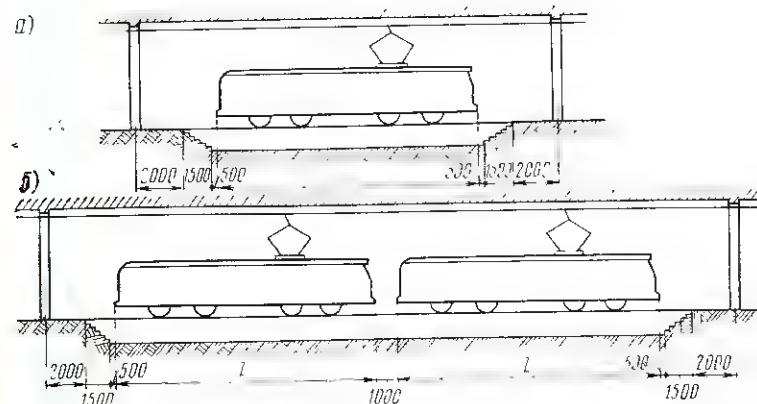


Рис. 21. Продольный разрез профилактория трамвайного депо:
а — уборочно-моечное отделение с одним постом в рабочей зоне; б — осмотровое отделение с двумя постами в рабочей зоне

эксплуатационного предприятия отвечают предъявляемым требованиям, тем устойчивее оно будет работать. Очень качественно в процессе строительства выполняются так называемые скрытые работы (работы, качество выполнения которых нельзя проверить после их завершения — фундаменты, гидроизоляции и т. д.), подземные коммуникации, противопожарные устройства и работы, связанные с удовлетворением требований охраны труда.

Продольные и поперечные размеры зданий должны быть кратными 6 м, так как это соответствует нормализованному ряду размеров конструктивных элементов при их промышленном изготовлении. Высота производственных зданий от пола до нижних точек конструкций перекрытия ограничена высотой подвеса контактного провода, которую принимают не менее 5,2 м в ремонтных зонах и не менее 4,7 м в проемах ворот. Расстояние между осями соседних канав должно быть не менее 5 м, а расстояние от оси пути до оси стены не менее 3–3,5 м (большая величина предусмотрена от стен, имеющих выходы); ширина проема ворот производственных зданий для пропуска подвижного состава в свету не менее 3,8 м.

На рис. 21 и 22 изображены продольные разрезы профилактория депо.

Размеры территории при хранении подвижного состава на открытой площадке устанавливают исходя из 250–400 м² на один вагон для трамвайного депо и примерно 200 м² на одну инвентарную единицу для троллейбусного депо.

При формировании генерального плана земельного участка трамвайного депо придерживаются нормы расстояний между осями смежных трамвайных путей 3,8 м, для пожарного проезда вдоль трамвайного пути расстояние должно быть не менее 8 м. Расстояние от оси крайнего трамвайного пути до ограды территории депо принимается не менее 2,8 м, до стен здания при наличии выходов из них не менее 3,8 м, при их отсутствии 2,8 м. Расстояние между

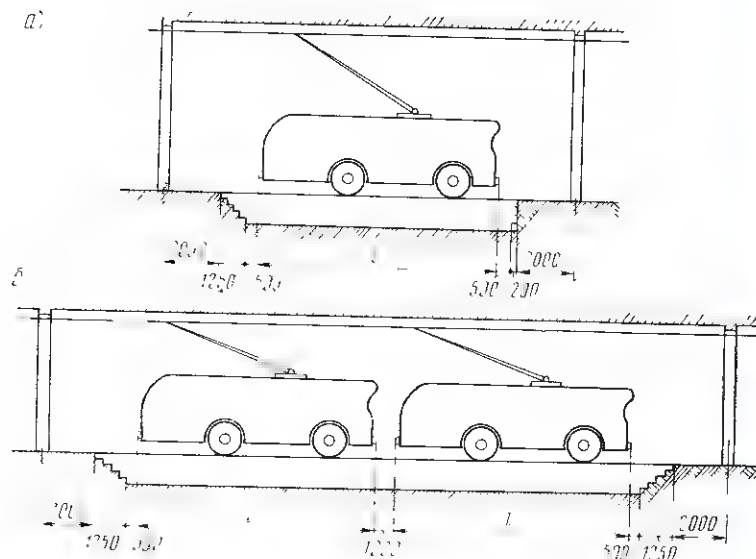


Рис. 22. Продольный разрез профилактория троллейбусного депо:
а — уборочно-моечное отделение с одним постом в рабочей зоне; б — осмотрное отделение с двумя постами в рабочей зоне

вагонами, стоящими на одном пути, должно быть не менее 0,5 м. Ширина пожарного проезда, оставляемого при расстановке трамвайных вагонов на отстой для проследования технических средств пожаротушения через трамвайный путь, должна быть 3,5 м.

На открытой стоянке троллейбусов контактные провода размещают так, чтобы вдоль одной их пары устанавливались два ряда троллейбусов с расстоянием между рядами 1,5 м. Для обеспечения пожарного проезда расстояние между рядами троллейбусов под соседними контактными проводами должно быть не менее 3,5 м.

Расстояние от троллейбуса до ограды территории принимается 5 м, а от оси ряда троллейбусов до стены здания не менее 3,5 м. Через каждые 25 м, пересекая ряды троллейбусов, расположенных на стоянке, оставляют пожарные проезды шириной 3,5 м.

Правый ряд контактных проводов (крайних) обычно остается свободным, что обеспечивает возможность маневрирования при расстановке троллейбусов на отстой. С этой же целью обгонные рельсовые пути в трамвайных депо оставляют не занятыми. Число необходимых путей для трамваев или рядов для троллейбуса при открытом хранении определяют как

$$n_0 = (A_0 : n') + 1,$$

где A_0 — число трамвайных вагонов или троллейбусов, подлежащих расстановке на площадке открытого хранения; n' — количество единиц трамвая или троллейбуса, устанавливаемых на одном

рельсовом пути или в одном ряду; 1 — обгонный путь или обгонный ряд.

Значение A_0 равно количеству подвижного состава, участвующему в выпуске $A_{изв}$, увеличенному на 3% резерва для обеспечения устойчивого, без задержки выпуска. Из этого количества можно вычесть подвижной состав, готовый к выпуску, но находящийся на отстое в зонах ремонта (число таких единиц подвижного состава не должно быть больше машино-мест в зоне текущего ремонта и заключительных постов потока ежедневного обслуживания).

В соответствии со СНиП-А.5—70 все производства подразделяются на пять категорий с присвоенным им индексов А, Б, В, Г и Д по степени пожарной опасности. Применительно к предприятиям ГЭТ принято следующее разделение:

категория А — склады топлива и баллонов с горючими газами, аккумуляторное и малярное отделения, оборудованные средствами распыла красок;

категория Б — малярные участки, на которых покраска осуществляется кистями;

категория В — деревообделочные, обойные участки и склады; категория Г — кузнечный, термический и вулканизационный участки, производственные помещения для ремонта и технического обслуживания подвижного состава;

категория Д — участки ремонтно-механические, кузовные, слесарные и все другие, связанные с обработкой несгораемых материалов.

Кроме этого, производственные помещения по степени возгораемости зданий и сооружений делятся на пять групп в зависимости от огнестойкости отдельных частей конструкции. Степень огнестойкости зданий и сооружений характеризуется группой возгораемости (несгораемые, трудносгораемые и сгораемые) и пределом огнестойкости основных строительных конструкций, измеряемом в часах. Огнестойкими считаются здания степени огнестойкости I и II, у которых все части выполнены из несгораемых материалов (кирпича, бетона) с пределом огнестойкости от 2 до 4 ч. Особенно опасными в противопожарном отношении являются здания степени огнестойкости IV и V, конструкции которых в основном сгораемые и частично трудносгораемые с пределом огнестойкости от 0,25 до 0,75 ч. В соответствии с противопожарными нормами предприятия ГЭТ относятся в целом по характеристике пожарной опасности к категории Д со степенью огнестойкости зданий IV. Однако малярные цехи и участки, склады красок и масел, ацетиленовая газогенераторная и зарядная аккумуляторных батарей относятся к категории А; обойные, столярные и шиномонтажные участки — к категории В; кузнечно-рессорные, сварочные участки и участки ремонта тяговых двигателей — к категории Г. Площади производственных участков устанавливают в зависимости от числа работающих в наиболее загруженной смене по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава с соблюдением норматива занятости этой площади технологическим оборудованием.

Площади помещений, где выполняются работы по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, определяют исходя из числа рабочих постов, габаритных характеристик подвижного состава, технологически необходимого расстояния между обслуживаемым или ремонтируемым подвижным составом, проездов и проходов, которые устанавливают с учетом габаритов стационарного оборудования зон ремонта и технического обслуживания.

Ориентировочно для оценки необходимых производственных площадей можно руководствоваться данными табл. 8.

Проверочный расчет ведут, ориентируясь на загрузенность помещений технологическим оборудованием.

Площадь участка или цеха, обеспечивающая нормальные условия труда, должна учитывать площадь, занимаемую технологическим оборудованием, и соответствовать нормативу занятости площади участка этим оборудованием:

$$S = S_{об} H,$$

где S — площадь цеха или участка, m^2 ; $S_{об}$ — площадь, занимаемая оборудованием в рабочем положении на плоскости пола, m^2 ; H — отношение площади помещения к площади проекции оборудования на плоскость пола.

На основе произведенных расчетов устанавливается потребная площадь участка, учитывающая как количество работающих на

участке, так и насыщенность участка технологическим оборудованием.

Площади складских помещений принимают по нормативам с учетом поправки на вместимость эксплуатационного предприятия, разнотипность подвижного состава, нормируемый запас сырья и материалов по продолжительности хранения.

Расчет потребных площадей для складских помещений можно вести, руководствуясь следующими данными:

Назначение помещения	Площадь, отводимая на 1 млн. км пробега подвижного состава в год, m^2
Склад запасных частей	2,5
» агрегатов	3,8
» материалов	1,2
» красок	1,0
Инструментально раздаточная	2,0
Склад резины для троллейбусов	2,5
Промежуточный склад	15 20% площади основного склада

При расчетах вводят поправочный коэффициент, учитывающий местные условия эксплуатации; он может изменяться в пределах 2,2 - 4,6.

Состав и число базовых помещений и административное здание устанавливают в зависимости от характера производственных процессов в отдельных цехах и количества работающих.

Технологическое оборудование и вспомогательные устройства располагают в производственных помещениях в соответствии с принятым технологическим процессом, обеспечивая удобство пользования им и его обслуживания, безопасность условий труда, наилучшее естественное освещение рабочих мест. При этом учитывают также необходимость производства транспортных операций и выделяют места для складирования. Оборудование цехов и участков должно быть расположено так, чтобы входы и выходы как основные, так и запасные, а также транспортные проезды не были загружены и в процессе работ не требовались бы повторные встречные перемещения узлов, агрегатов и материалов.

Для хранения и складирования материалов, запасных частей, узлов и агрегатов предусматривают в производственных помещениях стеллажи, подставки, тумбочки и столики.

Участки и цехи основного и вспомогательного производства размещают так, чтобы с меньшими транспортными издержками можно было удовлетворить потребность основного цеха предприятия в деталях, узлах и аппаратах (профилактория или кузовного цеха завода). Групповое расположение цехов и участков, их концентрация вокруг основного цеха предприятия способствуют производительному использованию рабочего времени; кроме того, при этом улучшаются условия труда и уменьшается протяженность производственных и технических коммуникационных связей предприятия.

Таблица 8

Производственная площадь участка в зависимости от числа работающих

Наименование участка	Производственная площадь при числе работающих в наиболее загруженную смену, m^2					Норматив занятости площади помещения технологическим оборудованием
	2	4	6-7	8-10	11-13	
Мойка деталей	18	18	—	—	—	4
Слесари механический	54	72	81	108	144	5
Агрегатный	54	72	81	108	144	5,5
Ремонт электроаппаратов	18	36	45	54	—	5
Аккумуляторная	36	54	—	—	—	3
Сварочная	26	36	—	—	—	5,5
Кузнечно-рессорный	36	54	72	—	—	5,5
Обойная	27	36	95	—	—	3,5
Столярный	36	54	63	—	—	5,5
Шинномонтажный	36	54	—	—	—	6,5
Колесотокарный	36	45	—	—	—	6,0

18. ПРИМЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТАЮЩИХ И РАБОЧИХ МЕСТ

Для эксплуатационных предприятий ГЭТ утверждены нормативы численности персонала по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава. Эти нормативы составлены с учетом вместимости депо по инвентарному количеству подвижного состава, приведенному по трудоемкости ремонта и технического обслуживания (см. § 2).

По вместимости трамвайные депо разбиты на четыре группы — с приведенным инвентарным парком соответственно до 100 единиц, от 101 до 200; от 201 до 400 и свыше 400 единиц. Троллейбусные депо делят на три группы: с приведенным инвентарным парком соответственно до 100 единиц; от 101 до 200 и свыше 200 единиц.

Число мойщиц, водителей-перегонщиков и рабочих по ремонту касс при обслуживании без кондукторов определяется по нормативам, составленным на одну инвентарную единицу подвижного состава. Нормативы составлены на основе базового коэффициента использования подвижного состава, который принят для трамвая 0,8 и для троллейбуса 0,75. Если плановый коэффициент предприятия отличается от базового, то необходимо ввести поправочный коэффициент

$$K_n = \alpha_{пл} : \alpha_{баз},$$

где $\alpha_{пл}$ — плановый коэффициент использования подвижного состава; $\alpha_{баз}$ — базовый коэффициент использования.

Так как климатические условия мест расположения эксплуатационных предприятий оказывают заметное влияние на трудоемкость технического обслуживания и ремонта подвижного состава, вводится поправочный зональный коэффициент, учитывающий распределение городов по климатическим зонам. Например, этот коэффициент равен 1,08 для Москвы и 1,14 для Красноярска.

В нормативы численности включены рабочие всех специальностей и подсобные рабочие по видам технического обслуживания и ремонтов, непосредственно принимающие участие в ремонте и обслуживании. Все остальные рабочие включены в нормативы численности для вспомогательных рабочих.

Нормативы численности персонала даются на каждый вид работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава в списочном количестве рабочих без их разбивки по профессиональному признаку. Поэтому при расчетах численности персонала необходимо группировать рабочих по специальностям и профессиям.

Списочное количество рабочих отличается от явочного тем, что оно учитывает и ту часть рабочих, которая находится в отпусках, отсутствует на работе по болезни либо по другим уважительным причинам. Поэтому и календарный фонд рабочего времени отличается от действительно используемого на величину, зависящую от продолжительности предоставляемых отпусков и установленной длительности рабочей недели.

Определить численность персонала каждого производственного участка можно исходя из трудоемкости работ, выполняемых на участке, и программы этих работ. Подсчитав время, необходимое на выполнение программы работ, и сопоставив его с фондом времени рабочих, можно определить списочное и явочное количество рабочих для участка.

Если известно, что для выполнения программы КПО требуется затратить M чел-ч, а рабочее время одного работающего, занятого контрольно-профилактическим осмотром, в течение года составляет Φ часов, то явочное число рабочих равно $M : \Phi$. Списочное количество рабочих, занятых на КПО, принимают на 9% больше, т. е. $1,09 M : \Phi$ (при 8-часовом рабочем дне и 15-дневном отпуске).

Число осмотровых канав, необходимое для выполнения программы технического обслуживания и ремонта подвижного состава, определяется по соображениям рационального использования и загрузки их, но так, чтобы ежедневно выполняемые работы были обеспечены достаточным количеством рабочих мест. Как известно, ежедневное обслуживание, необходимое для подготовки подвижного состава к выпуску на маршруты города, выполняется в ночное время, поэтому осмотровые канавы в дневное время можно использовать для выполнения других видов технического обслуживания, например КПО.

Текущий ремонт в дневное время можно выполнять на тех же осмотровых канавах, что и в ночное время. В ночное время через зону текущего ремонта проходит большее число единиц подвижного состава, чем в дневное, но объем текущего ремонта в ночное время значительно меньше, чем в дневное. Поэтому и время, отводимое на выполнение текущего ремонта на одной единице подвижного состава, меньше в ночное время. Признано рациональным выполнять ежедневное обслуживание на тех же поточных линиях, что и КПО, поэтому осмотровые канавы приспособлены для производства и того и другого вида обслуживания. Такт потока выбирается таким, чтобы была выполнена программа того или другого вида обслуживания за одну рабочую смену при загрузке поточной линии в течение всей смены.

Зоны РПР и планового ремонта должны быть обособлены, равно как и зона текущего ремонта с той лишь разницей, что в зоне текущего ремонта работы ведутся и в дневное, и в ночное время, а в зонах планового ремонта в дневное. Среднее время, отводимое на выполнение текущего ремонта, можно принимать 90—120 мин в дневное время и 20—30 мин в ночное. Для текущего ремонта предусматривают как тупиковые, так и сквозные осмотровые канавы. Это облегчает планировку цеха, но может вызвать значительный простой подвижного состава в зоне текущего ремонта из-за невозможности выезда со сквозной канавы, так как на расположенной впереди единице подвижного состава еще не закончен текущий ремонт. Обычно на основании практического опыта можно заранее определить, с каким объемом текущего ремонта и на какое место осмотровой канавы следует ставить подвижной

состав, чтобы исключить простой в зоне готовых к выпуску единиц. Малярно-кузовное отделение обычно обособлено от других участков ремонта и обслуживания, что обусловлено требованиями охраны труда, противопожарной безопасности и спецификой технологического процесса. Кузовной участок в этом отделении может быть по площади развитым и тогда представляется возможным в нем выполнять некоторые монтажно-демонтажные и ремонтные работы, предусмотренные характеристикой малого и среднего ремонтов. Если площадь кузовного участка недостаточна, то в отделении выполняются только кузовные и малярные работы, а весь объем малого или среднего ремонта (по механическому, электрическому и пневматическому оборудованию) производят в зоне ремонта. В этом случае, учитывая резкую разницу в трудоемкости работ, в зоне планового ремонта целесообразно иметь, кроме сквозных осмотровых канав для производства РПР, и тупиковые для выполнения малого и среднего ремонтов, при которых простой единицы подвижного состава составляет от одного до нескольких дней.

Определив необходимое количество осмотровых канав для точного и стационарного ремонта, на основании габаритных и технологических норм находят площадь профилактория и производственных цехов и участков.

Представляется возможным площадь производственных цехов и участков определять исходя из норм удельных площадей на одного рабочего цеха или участка (из явочного количества) либо по коэффициенту плотности оборудования в производственных помещениях. Расхождение в расчетах, произведенных тем или иным методом, достигает 10%, что вполне допустимо. Сравнение вариантов позволяет установить рациональную планировку и достаточную для обеспечения высокого качества работ площадь производственного участка.

19. ОХРАНА ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГЭТ

Охрана труда. Вопросы охраны труда находят отражение в комплексных планах улучшения и оздоровления условий труда, разрабатываемых на текущий год и на перспективу. Планами предусматриваются укрепление материально-технической базы, механизация и автоматизация процессов производства, реконструкция и строительство санитарно-бытовых помещений, а также выполнение мероприятий, снижающих заболеваемость, травматизм и использование опасных приемов труда. Кроме этого, ежегодно при заключении коллективного договора утверждается соглашение с профсоюзными органами по охране труда, включающее мероприятия по предупреждению несчастных случаев, снижению заболеваемости и общему улучшению условий труда.

Средства предприятия, предусмотренные на выполнение мероприятий по охране труда, используются по целевому назначению, на работы, которые указаны в «Типовой сводной номенклатуре мероприятий по охране труда», введенной в действие с 1 января 1970 г.

Если мероприятия, вызванные производственной необходимостью, приводят к улучшению охраны здоровья и условий труда, то их включают в план организационно-технических мероприятий, но не в планы мероприятий по охране труда. В номенклатуру также не включаются мероприятия, направленные на поддержание достигнутого уровня состояния техники безопасности и производственной санитарии.

Все предприятия постоянно ведут работу по совершенствованию производства, по улучшению условий труда, по созданию образцовых участков с высокой культурой производства. Ввод в эксплуатацию участков работ, прошедших реконструкцию или вновь построенных, производится только после комиссионной приемки с участием технического инспектора профсоюза.

Санитарными нормами для производственных помещений предусматривается создание необходимых условий, стимулирующих высокое качество и производительность труда на основе рационального микроклимата в зоне рабочих мест. Микроклимат включает в себя температурные условия, влажность и воздухообмен рабочей среды, запыленность, освещенность и ряд других характеристик производственного помещения. Санитарные нормы устанавливают допустимые уровни параметров состояния среды для конкретных производственных участков. Нормальный температурный режим во всех производственных и бытовых помещениях способствует сохранению здоровья работающих. Ориентировочно можно принять допустимую температуру производственных помещений в депо не выше 28°С и не ниже 16°С, относительную влажность воздуха от 30 до 60%, скорость движения воздуха от 0,2 до 0,7 м/с и предельные концентрации пыли 1—2 мг/м³.

Эффективной мерой защиты от проникновения холодного воздуха в производственные помещения при открывании ворот являются надежно работающие тепловые завесы. Устройство тепловых завес в помещениях технического обслуживания необходимо при расчетной температуре наружного воздуха ниже —20°С. Для обеспечения требуемого воздухообмена в зоне производства работ пользуются приточной (для подачи чистого воздуха) и вытяжной (для удаления загрязненного воздуха) вентиляцией. Нормами, в частности, установлена подача свежего воздуха в зону осмотровых канав, равная 200—250 м³ на 1 пог. м канавы при скорости воздуха 2—2,5 м/с.

Рациональное освещение обеспечивает хорошую видимость предметов на рабочих местах и уменьшает утомляемость работающих. Освещение не должно давать резких теней и бликов. Необходимо стремиться к наибольшему использованию естественного освещения. Устройство искусственного освещения во всех помещениях

и на территории отстоя — обязательное условие нормального производственного процесса, обеспечивающего безопасные условия труда и сохраняющего зрение рабочих.

Освещенность проездов и территории отстоя в ночное время должна быть не менее 0,5 лк, рабочих мест при использовании люминесцентного освещения не ниже 200 лк, а в осмотровых кабинах не ниже 100 лк.

Все предприятия оборудуют водоснабжением для хозяйственно-питьевых, производственных и противопожарных нужд. Чтобы сократить расход воды, там где это возможно, необходимо использовать систему повторного и оборотного водоснабжения.

Расход воды на питье и бытовые нужды принимается от 25 до 45 л на одного человека в смену и 40–60 л на индивидуальный душ для одного человека. Расход воды при механизированной мойке подвижного состава составляет 1500–2000 л, а при ручной на одну подготовленную к выпуску единицу подвижного состава 800–1200 л.

Для отвода бытовых и производственных сточных вод, а также ливневых с территории предприятия устраивается канализация. Производственные и ливневые воды перед спуском в наружную сеть канализации должны пройти очистку отстаиванием и фильтрацией через грязеотстойники и маслоуловители. Предельно допустимые концентрации примесей в сточных водах, отводимых в открытые водоемы или наружные канализационные сети, установлены санитарными нормами.

Шум оказывает вредное воздействие на организм человека. Чем сильнее и продолжительнее шум, тем больше утомляемость человека, ниже его работоспособность. Вредное воздействие шума определяется не только уровнем звукового давления, но и частотой колебаний. Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах содержатся в санитарных нормах; во всех случаях они не должны превышать 90 дБ.

Опасное воздействие на организм человека оказывает вибрация. Быстрая утомляемость, депрессия, сердечно-сосудистые и неврологические болевые ощущения, зуд являются следствием воздействия вибрации на людей. Санитарные нормы устанавливают предельно допустимые уровни вибрации, а использование инструментов и установок, работа которых сопровождается вибрацией, должно быть ограничено. В этих случаях следует применять и индивидуальные меры защиты: обувь на виброгасящей подошве, рукавицы с вибропоглощающими прокладками и т. д.

Повышение общей культуры производства не только стимулирует производительность труда, но способствует ликвидации несчастных случаев и снижает заболеваемость. Культура производства повышается при образцовом содержании требуемых устройств и обеспечении необходимых удобств для работы, рациональном расположении механизмов, оборудования, инструмента, запасных частей и материалов, механизации производственных процессов и специализации рабочих мест, в случае рациональной окраски

производственных помещений и оборудования, осуществлении мероприятий по безопасности процесса труда и т. д.

Объем производственного помещения, приходящийся на одного работающего, должен быть не менее 15 м³, а площадь не менее 4,5 м². Немалое значение при этом имеет наличие санитарно-бытовых помещений (гардеробных, душевых, туалетов, умывальных комнат, помещений для сушки спецодежды и т. д.). Нормами предусмотрено расчетное количество моющихся на один кран умывальной комнаты 15–20 чел. и на одну душевую сетку от 5 до 15 чел. Расстояние от рабочих мест до туалета, размещенного в здании, допускается не более 75 м. Расчетное число унитазов принимается на 15 женщин один и на 30 мужчин один унитаз и писсуар. Места для курения обозначаются надписью.

Охрана труда на производстве регулируется законодательными актами.

Администрация предприятия и нижесерно-технические работники несут ответственность за соблюдение действующих законов по охране труда и производственной санитарии, за состояние техники безопасности на всех участках производства.

Органы надзора, не подведомственные предприятию и отрасли, в которую оно входит, осуществляют контроль за выполнением на предприятиях требований по охране труда и техники безопасности. К таким органам относятся санитарная инспекция, техническая инспекция профсоюзных органов, инспекция Госгортехнадзора, Государственная автомобильная инспекция и ряд других, осуществляющих надзор за исполнением правил и положений по эксплуатации установок, оборудования и механизмов, используемых на предприятии. Суть надзора сводится к контролю за обеспечением безопасных условий труда. Местные комитеты профсоюзных организаций создают комиссии охраны труда и избирают общественных инспекторов по охране труда.

Высокий уровень охраны труда на производстве зависит от совершенства конструкции применяемых машин и механизмов, технологии производства, культуры производства, уровня организации труда на предприятии, сложившейся санитарно-гигиенической среды и социального климата.

Техника безопасности. Происходящие иногда в процессе работы ранения, увечья, ушибы, ожоги, острые отравления относятся к несчастным случаям на производстве. Возможность возникновения несчастных случаев необходимо предотвращать систематическими и целенаправленными действиями администрации предприятия, общественных организаций. Многое здесь зависит от каждого члена коллектива.

Для этого должны быть разработаны инструкции по технике безопасности для отдельных видов работ с учетом местных условий и особых производственных факторов. Разрабатываемые на предприятии инструкции должны точно соответствовать действующим нормам и правилам по технике безопасности, условиям охраны труда и производственной санитарии.

Подвижной состав ГЭТ во время движения является источником повышенной опасности не только для пешеходов, но и для работающих на нем водителей и ремонтного персонала (при техническом обслуживании и ремонте). Повышенная опасность обусловлена специфическими особенностями энергоносителя (ток высокого напряжения), функциональным назначением подвижного состава (движение) и условиями выполнения ремонтных и профилактических работ (осмотровые канавы, подъемные устройства и т. д.). Поэтому строгое соблюдение принятого порядка организации и производства работ, выполнение требований инструкций, правил и техники безопасности всеми работниками городского электрического транспорта имеет важное значение.

Работающие должны знать все правила и инструкции, действующие на предприятии, и неукоснительно выполнять их.

Правила техники безопасности при производстве работ по техническому обслуживанию подвижного состава предусматривают комплекс мер, ограничений и требований, точное исполнение которых обеспечивает безопасные условия труда. Особую осторожность необходимо проявлять в тех зонах обслуживания и местах расположения оборудования, где происходит движение подвижного состава и электрооборудование питается током с напряжением в 600 В.

Вожение подвижного состава по территории депо и производственным помещениям производится в соответствии с правилами дорожного движения и разрешается только лицам, имеющим удостоверение на право управления и специально допущенным для перегонки подвижного состава в депо. На территории депо разрешается движение со скоростью, не превышающей 5 км/ч, причем во время движения прыгать на подножку и с подножки, равно как и находиться на подножке при открытой двери салона, в проеме ворот цехов и на крыше подвижного состава, производить ремонт оборудования подвижного состава, запрещается.

Во время движения подвижного состава по осмотровой канаве запрещается вход и выход из нее, производство ремонтных работ и передвижение людей в осмотровой канаве.

Подъем подвижного состава различного рода подъемниками разрешается только после разрыва контакта между токоприемником и контактным проводом.

Запрещается прыгать через осмотровые канавы, производить работы на торцовых частях подвижного состава, когда он стоит на канаве, без перекрытия канав надежным переходным мостиком, прыгать в осмотровую канаву, прыгать с крыши на крышу подвижного состава, а находясь на крыше, прикасаться к контактному проводу, если даже контактная сеть обесточена. Необходимо тщательно соблюдать правила предосторожности при работе в непосредственной близости от токопроводящих элементов, следить за тем, чтобы все крышки, кожуха и ограждения устройств высоковольтной электрической аппаратуры были закрыты. Устранение неисправностей электрооборудования подвижного состава производится при опущенных токоприемниках.

При обрыве контактного провода нельзя касаться его оборванного конца. Нельзя также присоединять к цепям высокого напряжения переносные лампы, провода питания посторонних установок и использовать контактные провода без специального разрешения как источник электроснабжения для любых целей, кроме движения подвижного состава. Временное или постоянное подключение к контактным проводам осуществляется с разрешения специальных служб энергоснабжения после выполнения специальных требований.

Электротельферы, лебедки и другое подъемно-транспортное оборудование, применяемое для подъема и перемещения агрегатов и тяжелых деталей, должно отвечать требованиям Правил эксплуатации грузоподъемных механизмов. Перемещать и поднимать агрегаты, зачаливая их тросом или канатами без специальных захватов, запрещается. Тележки для транспортировки агрегатов и узлов должны быть такими, чтобы не происходило перемещения груза по ним и падение его с тележек.

Широкое применение в эксплуатационных предприятиях получил электрифицированный инструмент. Работать с этим инструментом разрешается только специально обученным лицам, знакомым с безопасными приемами работы с этим инструментом и имеющим квалификационную (по знанию правил электробезопасности) группу не ниже 2-й, присваиваемые комиссиями депо, после проверки знаний по электробезопасности.

Практически весь ремонтный и обслуживающий персонал депо связан с работой установок, аппаратов, приборов и механизмов, использующих электрический ток. К работе с этим оборудованием допускаются лица, которым присвоена квалификационная группа на основе проверки знаний, полученных во время специальных занятий.

Нормативно установлено пять квалификационных групп по технике безопасности для лиц, работающих с электроустановками и электроинструментом. Присвоение квалификационной группы от 3-й до 5-й осуществляет комиссия депо с участием инспектора по труду комитета профсоюза и инспектора энергонадзора.

Весь используемый электроинструмент систематически проверяют на прочность изоляции; убеждаются в том, что он оборудован заземляющим проводом с вилкой такой конструкции, чтобы без заземления корпуса напряжение на инструмент не могло быть подано. Работа неисправным электроинструментом категорически запрещается. Проведение проверок электроинструмента фиксируется в журнале.

У пневматического инструмента проверяют, надежно ли удерживаются рабочие органы, не пропускают ли воздух места присоединения. Необходимо строго следить за тем, чтобы при отводе инструмента или перерыве в работе рабочие органы не были направлены в сторону людей.

Все несчастные случаи на производстве расследуются в течение первых 24 ч и оформляются актом.

Противопожарная техника. Пожарная безопасность в депо обеспечивается созданием условий, противодействующих возникновению очагов загорания. На каждом предприятии создаются пожарно-технические комиссии, которые возглавляет главный инженер. Кроме этого, из членов Всероссийского добровольного противопожарного общества (ВДПО) формируются расчеты для ведения профилактической работы по предупреждению загораний и выполнению мероприятий, повышающих пожарную безопасность.

Противопожарная защита заключается в предотвращении причин возникновения пожара и локализации возможных очагов загорания, техническом обеспечении эвакуации людей и материальных ценностей из зоны загорания, создании эффективной системы ликвидации очагов загорания и пожаров.

Пожарно-техническая комиссия регулярно проводит противопожарное обследование предприятия, разрабатывает необходимые мероприятия для снижения пожарной опасности и организует их выполнение, контролирует готовность противопожарного инвентаря к действиям и обеспечивает необходимые условия для организации учебы по правилам пожарной безопасности, разрабатывает дополнения к правилам пожарной безопасности, учитывающие специфические особенности работы отдельных цехов и участков.

Загорания и пожары на предприятиях ГЭТ происходят, как правило, вследствие неисправности электрических сетей и аппаратов, системы вентиляции и газоснабжения, а также нарушений в использовании легковоспламеняющимися материалами, обогревательными приборами, курением в недозволенных местах.

Высокое противопожарное состояние предприятия предполагает наличие достаточного количества эвакуационных выходов, свободный доступ к средствам пожаротушения, их исправность и достаточное количество, высокую дисциплину, организованность и соблюдение работающими правил пожарной безопасности.

Особые требования предъявляют к цехам и участкам, опасным в пожарном отношении, — малярному цеху, столярно-обойному, шиномонтажному участкам, аккумуляторной и складским помещениям.

В малярном цехе применяют осветительную арматуру во взрывобезопасном исполнении, выключатели выносят за пределы цеха, следят за тем, чтобы запас красок не превышал необходимого количества для одной смены. Сушильные камеры — наиболее опасные в пожарном отношении — отделяют от цеха несгораемыми перегородками. Краски, лаки, растворители и другие горючие материалы хранят в закрытой металлической таре. Серьезную опасность представляют скапливающиеся осадки в воздухопроводах вытяжной вентиляции; поэтому регулярно проводят очистку и ревизию воздухопроводов. Курение в малярном цехе категорически запрещается. Спецодежда хранится в отдельном помещении, в индивидуальных металлических ящиках.

Опилки, стружка и техническая пыль столярно-обойного участка являются потенциальным источником загорания. Своевре-

менная уборка помещения, запрещение курения и пользования открытым огнем — обязательные условия пожарной безопасности. Электрооборудование механизмов и искусственное освещение применяют закрытого и пыленепроницаемого исполнения; предусматривают эффективно действующую отсасывающую вентиляцию для удаления опилок, стружек и пыли из помещения и от рабочих мест.

Для удаления взрыво- и пожароопасных паров из аккумуляторного отделения должна всегда работать вентиляция, исправность которой регулярно контролируется в соответствии с правилами эксплуатации вентиляционных установок. Вытяжную вентиляцию аккумуляторной и других участков повышенной опасности нельзя объединять с общей системой вытяжной вентиляции. Применяются осветительная арматура и вытяжные вентиляторы во взрывобезопасном исполнении. Состояние электропроводки должно отвечать требованиям Правил устройства электроустановок. Из помещения для заряда аккумуляторов предусматривают непосредственный выход наружу. В аккумуляторной необходимо иметь 10%-ный раствор питьевой соды для промывки кожи и 2%-ный для промывки глаз в случае попадания кислоты или 10%-ный и 2%-ный раствор борной кислоты соответственно для кожи и глаз при попадании щелочи. В аккумуляторной предусматривают отдельный умывальник с теплой и холодной водой, мыло и вату.

Ремонт шин в троллейбусном депо сопровождается образованием огнеопасной резиновой и тканевой пыли. При работе применяют взрывоопасные растворители и летучие вещества, хранение которых разрешается в количествах, необходимых для работы одной смены. В помещении участка должен быть обеспечен достаточный воздухообмен; освещение выполняют в пыленепроницаемом исполнении, выключатели выносят за пределы помещения.

Складские помещения для хранения материальных ценностей и склады для хранения горюче-смазочных материалов размещают в разных помещениях. Все складские помещения обеспечивают средствами пожаротушения и пожарной сигнализацией. Склады горюче-смазочных и легковоспламеняющихся материалов особо пожароопасны. Источник повышенной пожароопасности представляет собой тара из-под нефтепродуктов. При хранении ее принимают мер, исключающие возможность загорания тары.

Соблюдение общих противопожарных требований, наличие песка и средств химического пожаротушения резко повышают готовность предприятия к ликвидации очагов загорания. Углекислотные огнетушители эффективны при ликвидации загорания в электроустановках, так как углекислый газ плохо проводит электрический ток и преграждает доступ кислорода к очагу загорания.

Опасно в пожарном отношении хранить промасленную одежду и промасленные обтирочные концы в скученном состоянии, так как при этом они склонны к самовоспламенению.

В случаях возникновения очага загорания необходимо срочно вызвать пожарный отряд и, не ожидая его прибытия, приступить к ликвидации очага загорания подручными средствами.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАДЕЖНОСТИ

Качественная оценка наземного городского электрического транспорта, как и любого технического изделия, играет важную роль в определении его способности выполнять функциональные задачи. Эта оценка охватывает совокупность свойств подвижного состава (технических, эксплуатационных, экономических, эстетических, эргономических и т. д.) и определяет степень их соответствия наиболее эффективному и полному использованию.

Обобщенным показателем, дающим количественную оценку качества, является надежность. Надежность изменяется с течением времени, так как изменяется и качество изделия; изменения ее представляется возможным выразить количественными показателями.

Надежность — это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение предусматриваемого промежутка времени или наработки. Надежность оценивается величиной безотказности, долговечности и ремонтопригодности.

Необходимую надежность имеет изделие, которое работает не только безотказно, но и длительно сохраняет свою работоспособность, не только долговечно в работе, но и ремонтопригодно. Следовательно, необходимой надежностью будет обладать тот трамвай или троллейбус, который безотказно работает на пассажирских маршрутах, при соблюдении и выполнении объемов и характеристик планово-предупредительной системы ремонтов длительно эксплуатируется, а на поиск неисправностей или устранение выявленных неисправностей на нем требуются незначительные затраты времени, трудовых и материальных средств.

В работоспособном состоянии находится изделие, если оно способно выполнять заданные функции с параметрами, которые установлены требованиями, оговоренными в технических условиях.

Безотказность — это свойство изделия сохранять работоспособность в течение заданной наработки без вынужденных перерывов в работе на устранение появившейся неисправности. Работоспособность считается сохранившейся, если неисправность, возникшая во время эксплуатации, не приводит к отказу в работе.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до своего предельного состояния при условии, что соблюда-

лись необходимые перерывы в процессе эксплуатации для выполнения технического обслуживания и ремонта. Долговечность главным образом определяется прочностью и износостойкостью изделия. Предельное состояние характеризуется невозможностью или нецелесообразностью дальнейшего использования изделия в результате резкого снижения технической или экономической эффективности эксплуатации, что обычно оговаривается в технических условиях.

Ремонтопригодность — свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Оценка уровня ремонтной пригодности ведется по среднему времени восстановления работоспособности или по средней стоимости восстановления или ремонта.

Отказ — полная или частичная утрата изделием работоспособности. Отказы условно подразделяют на внезапные и постепенные. Если представляется возможным контролировать и оценивать причину, приводящую впоследствии к появлению отказа (износ, коррозия), то такой отказ относят к постепенным.

Неисправность — состояние изделия, при котором оно в данный момент времени не соответствует хотя бы одному из требований технических условий. Изделие может быть неисправным, но работоспособным, если оно продолжает выполнять заданные функции. Например: вышла из строя группа освещения салона — трамвай имеет неисправность, но он работоспособен.

Наработка — продолжительность или объем работы, выполняемый изделием в течение обусловленного периода, измеряемая в часах работы, километрах пробега, циклах нагружения и других единицах измерения. *Наработка на отказ* — среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами. *Ресурс работоспособности* — наработка изделия до предельного состояния, которое оговорено в технических условиях.

Достижение требуемого и повышение достигнутого уровня надежности являются сложной комплексной проблемой, так как уровень надежности изделия зависит от конструктивных, технологических и эксплуатационных возможностей и решений, принятых при создании, изготовлении и использовании изделия.

При конструировании руководствуются расчетным уровнем надежности, достигнуть которого необходимо проектными решениями, использованием в конструкции апробированных и унифицированных узлов и агрегатов, материалов, имеющих требуемые физико-химические характеристики.

Достиженный на этой стадии уровень надежности всегда несколько ниже возможного для начала эксплуатации изделия, так как темпы развития техники значительно опережают время, необходимое для реализации принятых проектных и конструкторских решений.

Обеспечение предусмотренного расчетного уровня надежности при производстве изделия зависит от качества и стабильности используемых материалов, технологической дисциплины и техниче-

ских возможностей производства, технической культуры на предприятии.

Достигнутый уровень надежности при изготовлении изделия поддерживается в эксплуатации соответствием фактических условий предусмотренным при проектировании и изготовлении изделия. Под условиями эксплуатации подвижного состава, в частности, понимаются климат и профиль пути, квалификация водителей и ремонтного персонала, соблюдение требований технического обслуживания и ремонта, производственная база и обеспеченность запасными частями, напряженность пассажиропотоков и методы регулирования движения, а также все то, что оказывает влияние на работоспособность подвижного состава.

Роль и требования по сохранению необходимого уровня надежности возросли в последнее время из-за того, что конструкции подвижного состава стали сложнее, режимы работ интенсивнее, цена отказа в работе возросла как для пассажиров, так и для эксплуатирующих предприятий, функционирование большинства узлов и агрегатов выпадает из-под непосредственного контроля и наблюдения обслуживающего персонала и водителя, тогда как уровень надежности зависит не только от надежности используемых в конструкции деталей но и, в значительной мере, от их количества.

Многие показатели надежности не могут быть измерены непосредственно и однозначно, поэтому их получают косвенным путем. Полученные таким образом показатели надежности являются случайными величинами, имеющими некоторую вероятность. Собранные в реальных условиях эксплуатации статистические характеристики надежности по пробегу до наступления отказа или достижения предельного износа, по времени старения изоляции или безотказной работы отдельных аппаратов являются также случайными, так как они зависят от многих факторов, которые трудно учесть (условия эксплуатации, физико-химические характеристики материалов, технология изготовления и т. д.).

Основным математическим аппаратом теории вероятности, относящимся к случайным величинам, являются числовые характеристики и теоретические законы распределения этих величин, вероятность появления которых подчиняется некоторой статистической устойчивой закономерности. Вероятность появления любого события заключена между нулем и единицей.

Основными числовыми характеристиками являются математическое ожидание появления случайной величины (среднее значение) и дисперсия. Дисперсия представляет собой среднее квадратичное отклонение случайной величины от ее среднего значения.

Значение пробега троллейбуса или трамвая, в течение которого не произошло отказа в работе, зависит от проявления многих факторов, к поэтому этот пробег является случайной величиной. Вероятность безотказной работы подвижного состава можно записать в виде:

$$p(l) = 1 - p(L > l),$$

где l — пробег, в течение которого определяется вероятность безотказной работы; L — пробег от начала эксплуатации либо от капитального ремонта.

Вероятность возникновения отказа

$$q(l) = 1 - p(l) = 1 - p(L > l) = p(L < l).$$

Вероятность появления отказа $q(l)$ увеличивается с ростом пробега подвижного состава: $q(l) = 0$ при $l = 0$, а при $l \rightarrow \infty$ величина $q(l)$ стремится к единице (достоверному событию).

Закономерность появления случайных величин, характеризующих те или иные процессы или явления, можно описать как в аналитической форме, так и в графической.

В табл. 9 приведены часто встречающиеся в практике законы распределения случайных величин, по которым возможно на основе собранных статистических данных в результате наблюдений за протеканием процесса эксплуатации деталей или узлов подвижного состава определить закономерность их появления и прогнозировать наступление отказа в работе. Известно, например, что изменение геометрических размеров деталей, подверженных износу в результате трения, подчиняется нормальному закону распределения, а долговечность работы плавкого предохранителя или неоновой сигнальной лампочки — экспоненциальному. Так как в подавляющем большинстве случаев на процессы, происходящие в практических условиях, оказывает влияние ряд факторов, не поддающихся учету, то распределение собранных в условиях эксплуатации случайных величин только в той или иной степени соответствует теоретическому закону распределения. Для того чтобы правомерно использовать известные теоретические законы распределения, необходимо проверить, в достаточной ли степени согласуется распределение случайных величин, полученных при наблюдении, с распределением, описанным теоретическим законом.

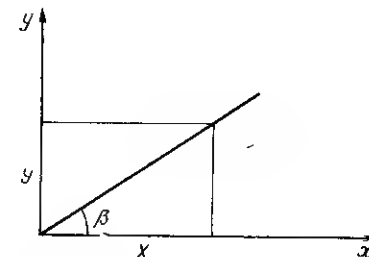
Наиболее распространенными критериями, по которым ведется проверка степени согласованности, являются критерий Колмогорова и критерий χ^2 («хи» квадрат). Определение закона распределения наработки на отказ представляет собой достаточно кропотливую работу, так как на основе собранных опытных данных получить закон распределения в классическом виде очень трудно.

Для выяснения соответствия статистического распределения выбранному теоретическому закону удобно пользоваться графоаналитическим методом. При этом, используя вероятностную бумагу, можно весьма просто установить соответствие выбранного закона распределения теоретическому. Прием получения функции распределения с использованием экспоненциальной вероятностной бумаги основан на следующем.

Если имеется случайная величина l , распределенная по экспоненциальному закону $F(l) = 1 - e^{-\lambda l}$, то, прологарифмировав это выражение, получим $-\ln(1 - F) = \lambda l$, где λ — интенсивность отказов. Отложим по оси ординат $y = -\ln(1 - F)\mu_y$, а по оси абсцисс $x = -l\mu_x$ (рис. 23), где μ_x и μ_y — выбранный масштаб. Из рис. 23

Закон распределения	Функции распределения		Кривые зависимости надежности от времени или пробега
	аналитическое выражение	графическое выражение	
Нормальный	$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx =$ $= F(b) - F(a);$ $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$		
Вейбулла	$f(x) = \frac{\beta(x-\gamma)^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} e^{-\frac{(x-\gamma)^{\beta}}{\alpha^{\beta}}};$ $x > \gamma; \beta > 0; \alpha > 0$		
Экспоненциальный	$f(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}};$ $x \geq 0$		

Рис. 23. Зависимость $y=f(x)$, поясняющая принцип построения вероятностной бумаги для экспоненциального закона распределения



видно, что $y:\mu_y = \lambda x:\mu_x$. Так как $x=f(y)$ — линейная функция, то на графике получается прямая линия, проходящая через начало координат, для которой $\operatorname{tg} \beta = y:x = \lambda \mu_y:\mu_x$, т. е. $\lambda = \operatorname{tg} \beta \mu_x:\mu_y$. Если шкала по оси ординат логарифмическая, то значения x и y не надо каждый раз подсчитывать; по координатной сетке, рассчитанной на этой основе, и выполнена экспоненциальная вероятностная бумага. Вероятностная бумага выпускается типографским способом с обозначением принятого масштаба $\mu_x:\mu_y$.

Для практической работы с вероятностной бумагой необходимо подсчитать по имеющимся статистическим данным эмпирическую функцию распределения $F_n(t)$ для некоторых значений переменной t и в соответствии с масштабом нанести на вероятностную бумагу точки с координатами x и y . Если эти точки расположатся вдоль прямой, то закон распределения выбран правильно и соответствует тому закону, на основе которого и был выбран тип вероятностной бумаги (рис. 24).

Отклонение точек, полученных на основе статистических данных, от теоретической прямой неизбежно, так как значения эмпирической функции распределения только приближенно равны значениям теоретической. Поскольку вертикальная шкала логарифмическая, то фактический разброс точек вдоль прямой, характеризующий степень соответствия функций, неравноценен для разных участков графика. Цена расстояния в начале координатной сетки выше, чем в ее конце.

Вероятностные бумаги для закона Вейбулла и нормального строятся аналогично, и проверка распределения на соответствие тому или иному закону проводится аналогично описанному.

Известно, что экспоненциальный закон распределения — это частный случай закона распределения Вейбулла. Поэтому в тех случаях, когда опыт и практика не позволяют предсказать закон распределения, целесообразно начинать с использования вероятностной бумаги, построенной для закона Вейбулла.

Используя вероятностную бумагу, надо оперировать большим количеством статистических данных, так как иначе можно констатировать только факт возможного соответствия имеющихся в нашем распоряжении статистических данных тому или другому теоретическому закону распределения.

Выявленный закон распределения случайных величин, полученных из наблюдений в процессе эксплуатации подвижного состава,

позволяет прогнозировать развитие событий и принимать необходимые целенаправленные действия по предотвращению или локализации этих событий. В частности, прогнозируя безотказную работу подвижного состава, представляется возможным выбрать такой межремонтный пробег для конкретных условий эксплуатации, который обеспечивает или наиболее вероятную безотказную работу, или наименьшую трудоемкость при ремонтах, или наибольшую экономичность эксплуатации, или наименьший складской запас деталей и т. д.

Представляется возможным также путем комплексного проведения мероприятий конструктивного и технологического характера

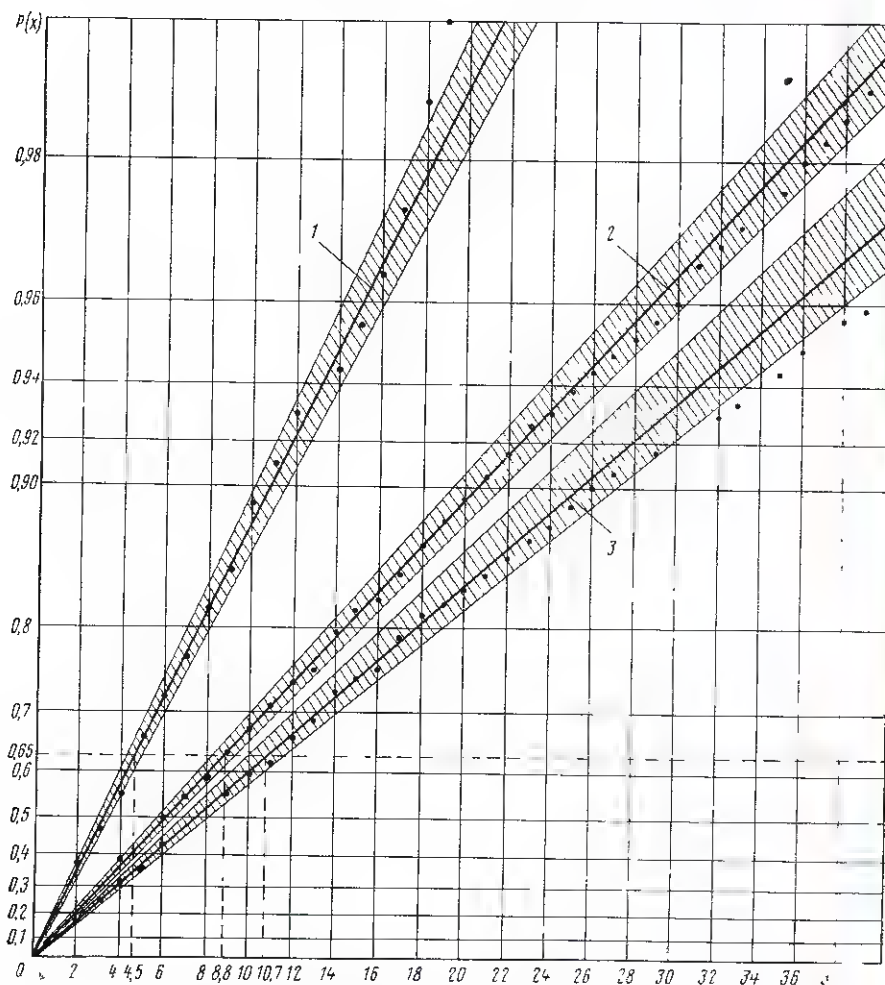


Рис. 24. Вероятностная бумага с линией, аппроксимирующей распределение. 1, 2, 3 — пример реального расположения полученных значений переменной величины на основе статистических данных, собранных в эксплуатации

повысить безотказность, долговечность и ремонтпригодность узлов и агрегатов подвижного состава, а при ремонте наиболее рационально вести восстановление деталей с наибольшим экономическим эффектом и с более высоким качеством.

Мерой надежности агрегата, узла или единицы подвижного состава в целом является *интенсивность отказов* λ — вероятность отказа в единицу времени или пробега. В общем

виде для нового подвижного состава и для подвижного состава, прошедшего капитальный ремонт, для новых узлов и агрегатов и прошедших ремонт интенсивность отказов как функция пробега (времени работы) выражается кривой, изображенной на рис. 25.

Кривая имеет три характерных участка. Первый участок соответствует периоду приработки l_n со снижающимся потоком отказов. Интенсивность потока отказов или крутизна кривой на этом участке характеризует качество конструктивных решений и технологический уровень изготовления. Чем совершеннее конструкция, чем выше заводская технологическая дисциплина при изготовлении или ремонте, чем больше дефектов выявлено и устранено во время обкатки и испытаний, тем меньше этот период и начальное значение λ , тем быстрее подвижной состав и его агрегаты вступают во второй период нормальной эксплуатации l_n . Отказы, возникающие в этот период, характеризуют степень соответствия фактических условий эксплуатации принятым за основу при проектировании и изготовлении и, в том числе, соответствие уровня технического обслуживания и ремонтов, выполняемых в эксплуатационных предприятиях, предъявляемым требованиям. Третий период l_c сопровождается резким ростом потока отказов из-за утраты прочности ряда деталей и сопряжений вследствие износа, старения, коррозии и выработки ресурса работоспособности. В этом случае дальнейшая эксплуатация технически и экономически нецелесообразна и не обеспечивает необходимой для подвижного состава безопасности движения. Следовательно, подвижной состав или отдельные его узлы необходимо направить в капитальный ремонт либо снять с эксплуатации.

Выполнение ремонта любого вида, и в первую очередь капитального, предполагает восстановление утраченной за межремонтный период части надежности. Однако уровень надежности отремонтированных агрегатов и узлов подвижного состава, как правило, несколько ниже, чем у новых. Основными причинами этого является использование при ремонте деталей как восстановленных, так и не вышедших за пределы допуска и то, что не

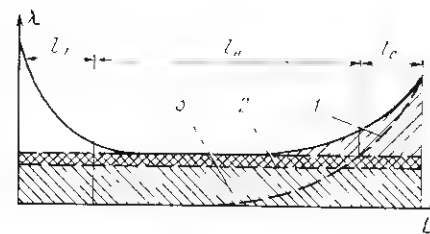


Рис. 25. Кривая распределения интенсивности отказов в зависимости от пробега:

1 — кривая старения; 2 — область случайных отказов; 3 — область отказов, свойственных подвижному составу данного типа

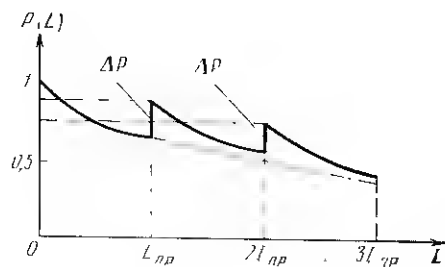


Рис. 26. Графическое изображение изменения уровня надежности эксплуатируемого подвижного состава

При выполнении ремонта с учетом всех требований и при высокой культуре производства наиболее возможный вероятный прирост безотказной работы

$$\Delta P_{\max} = 1 - P(L_1).$$

Тогда эффективность ремонтных и профилактических работ можно оценить по отношению вероятности безотказной работы после выполненного ремонта к вероятности ее до ремонта или по отношению прироста вероятности безотказной работы после ремонта к максимально возможному ее приращению

$$\mathcal{E}_p = \frac{P(L_2)}{P(L_1)} \quad \text{или} \quad \frac{\Delta P}{1 - P(L_1)} = \frac{\Delta P}{\Delta P_{\max}}.$$

Эффективность ремонта и профилактического обслуживания тем выше, чем ближе прирост надежности к наиболее возможному.

В процессе эксплуатации подвижного состава достигнутый уровень надежности трамвая и троллейбуса неизбежно снижается (рис. 26) несмотря на плановые и текущие ремонты. С ростом пробега уровень надежности все больше снижается и не представляется возможным полностью восстановить его при ремонте. Модернизация подвижного состава при производстве капитального ремонта способствует росту уровня надежности, так как при этом используются технические достижения и рекомендации, возникшие в процессе эксплуатации, которые не могли быть использованы при его изготовлении.

21. ОТКАЗЫ В РАБОТЕ И НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

В процессе эксплуатации часто тот или иной агрегат по тому или иному свойству не отвечает необходимому уровню надежности. Однако это не означает, что другие параметры, характеризующие надежность, являются удовлетвори-

все элементы конструкции подвергаются ремонту и восстановлению. Вероятностный уровень прироста надежности после выполнения ремонта можно оценить как

$$\Delta P = P(L_2) - P(L_1),$$

где $P(L_2)$ — вероятность нахождения агрегата, узла единицы подвижного состава в исправном состоянии по окончании ремонта; $P(L_1)$ — вероятность нахождения в исправном состоянии до начала ремонта.

тельными и, что самое главное, они не оказывают отрицательного влияния на надежность. Заметнее всего в условиях эксплуатации надежность проявляется через отказы в работе. Несмотря на то что отказы возник внезапно, причины его возникновения накапливались на протяжении некоторого времени.

Изменение характеристик отдельных деталей в процессе эксплуатации обусловлено происходящими в них физико-химическими процессами. Эти процессы происходят как в объеме материала детали, так и на поверхности, как в зоне механического контакта деталей в сопряжениях, так и в электрических цепях, не подвергающихся механическому нагружению.

Во многих случаях рост температуры стимулирует возникновение и проявление причин, вызывающих отказ деталей. Режимы эксплуатации непрерывные, одnorазовые, установившиеся, переходные или повторно прерывистые проявляются часто как основной фактор утраты надежности. Такие хорошо изученные факторы, как износ, старение материала, остаточные деформации, коррозия также постепенно приводят к неминуемому ухудшению эксплуатационных характеристик, а затем и к отказу.

В условиях эксплуатации подвижного состава отказы в работе отдельных узлов и агрегатов чаще всего наступают в результате разрушения отдельных деталей, узла сопряжения, обрыва, прогара или короткого замыкания в электрических цепях. Виды разрушения деталей трамвая и троллейбуса весьма разнообразны. Основными являются механические разрушения (деформации, изломы, износ), эрозия и коррозия.

Процесс механического разрушения материала под действием нагрузки сопровождается непрерывным ростом деформаций и трещин, а также постоянным накоплением локальных дефектов в структуре металла.

Деформация металла возникает от приложенной нагрузки и проявляется в виде изменения формы и геометрических размеров. Упругие деформации после снятия нагрузки исчезают, а пластические остаются.

Полное разрушение материала детали в результате воздействия нагрузки, приводящее к расчленению материала, называется изломом. Излом бывает хрупким или вязким. Большинство полных разрушений, как показывает практика, проявляется в виде хрупкого излома. Чем выше предел прочности материала детали, тем меньше остаточные деформации, тем меньше деталь подвержена усталостному разрушению. Вязкий излом почти всегда свидетельствует о том, что материал детали не выдержал расчетной нагрузки.

Износу подвержены все детали сопряжений, преодолевающие силы трения в процессе перемещения одна относительно другой.

Эрозионное разрушение является следствием воздействия потока жидкости или газа, перемещающегося с большой скоростью по поверхности металла. Интенсивности эрозии способствуют температура и наличие в потоке твердых и химически активных час-

тиц. Физическая сущность процесса сводится к разрушению и уносу потоком жидкости или газа окисных пленок, покрывающих поверхность детали.

Коррозионные разрушения появляются вследствие химического и электрохимического воздействия среды на металлическую поверхность детали. Доступ кислорода воздуха к корродируемым участкам интенсифицирует процесс разрушения.

Механизм процессов, протекающих до разрушения детали и предшествующих частичному или полному нарушению ее работоспособности, можно уяснить, только учитывая конкретные условия эксплуатации, физико-химические характеристики детали и те технологические приемы, которые применяют для ее изготовления или восстановления.

Разрушение материала, из которого изготавливается деталь, наступает не мгновенно и не в тот момент времени, когда напряжения достигнут предельного значения, а постепенно, развиваясь в механически напряженном материале. Процесс разрушения начинается с момента приложения к детали нагрузки, которая может быть и меньше предельной. Деформация и разрушение структуры материала характеризуются скоростью протекания процесса нагружения и временем, необходимым для разрушения материала, а не предельной нагрузкой.

Скорость процесса механического разрушения нагруженного твердого тела зависит от структуры и свойств материала, от напряжения, создаваемого в материале детали нагрузкой, и от температуры, при которой протекает процесс разрушения.

Так как разрушения часто происходят при нагружениях, меньших предела текучести, упругости и т. д. для используемого материала детали, то только с учетом времени приложения и температуры в зоне разрушения можно оценить нагрузочные способности детали, узла или агрегата.

Процесс механического разрушения металла, его локальный характер дают возможность считать, что разрушение начинается с возникновения и развития микротрещин. Микротрещины практически всегда возникают вскоре после приложения нагрузки в зоне нахождения концентраторов напряжения или дефектов структуры материала, которые выступают в роли стимуляторов процесса разрушения.

Имеющиеся в материале детали разного рода включения, неоднородности, подрезы, риски и другие нарушения однородности структуры приводят к возникновению микротрещин именно в этих местах.

Повторное либо длительное действие нагрузок вызывает развитие микротрещин до величины, переход за которую приводит к разрушению.

Развитие микротрещин в нагруженном материале является по существу процессом постепенного разрушения материала детали. Наблюдаются две стадии развития микротрещин: медленное со все возрастающей скоростью, обуславливающей относительную

длительность процесса, и стремительное с постоянной предельной скоростью.

Под влиянием приложенной нагрузки происходит постепенное накопление локальных необратимых разрушений, которые приводят к полному разрушению. Суммарное время воздействия повторяющихся нагрузок равно времени воздействия постоянной нагрузки, приводящей к разрушению.

На характер процесса разрушения существенное влияние оказывает скорость нагружения. При медленном возрастании напряжений возникают вторичные явления, которые могут быть устранены, так как являются проявлением упругих деформаций.

На процесс разрушения оказывает заметное влияние длительность приложения нагрузки, вследствие чего нередко случаи разрушения деталей в процессе разгрузки, а не во время нагружения. Работоспособность узла или агрегата в первую очередь определяется прочностью и жесткостью детали.

Прочность детали зависит от равномерности распределения напряжений по ее сечению, конфигурации сечения — отсутствие резких переходов, выточек и углублений, являющихся концентраторами напряжения. Условия, которые могут вызвать появление непредусмотренных перегрузок (вибрация, дисбаланс быстровращающихся деталей, пусковые моменты и т. д.), стремятся по возможности исключить специальными мерами. К таким мерам можно отнести динамическую балансировку вращающихся деталей, использование гасителей колебаний, установку предохранительных муфт и т. п.

Жесткостью детали называют ее способность сопротивляться под воздействием приложенных нагрузок деформированию или перемещению относительно другой детали, несмотря на то что возникающие в детали напряжения выше предельно допустимых. Жесткость детали зависит от модуля упругости, момента инерции сечения; длины и других факторов, характеризующих деталь по технологическим условиям изготовления, условиям работы и функционирования. Для обеспечения необходимой жесткости детали следует правильно выбрать материал, форму и сечение, провести предписанную термическую обработку, создать благоприятный баланс жесткости всего узла, правильное расположение опоры и неизменную прочность соединений, обеспечить условия, создающие наименьшие деформации под воздействием приложенных нагрузок.

Качество используемых деталей в эксплуатации во многом зависит от применяемого способа их обработки, методов повышения прочности и износостойкости, культуры сборки узла и сопряжений, а также от того, в какой мере соблюдаются требуемые условия работы.

Обычно металлу, используемому для изготовления деталей, придается необходимая форма способом давления. Способов обработки металла давлением много, но основными являются: прокат, волочение, прессование, ковка, штамповка, выдавливание.

Пластическая деформация металла, возникающая при обработке давлением, обязательно изменяет структуру материала и оказывает большое влияние на его механические свойства. Она является следствием сдвига одной части кристаллов металла относительно других и, как правило, вызывает изменение его первоначальной структуры.

Волокнистое строение металла, обусловленное обработкой давлением, активизирует его анизотропные (направленные) свойства, в результате чего допускаемые напряжения в деталях вдоль и поперек волокна будут различными. В то же время предел прочности, текучесть и твердость остаются практически изотропными.

Следовательно, необходимо при изготовлении и восстановлении учитывать направление возникающих в деталях при эксплуатации напряжений, что позволит наиболее полно использовать механические свойства материала детали.

Качество механически обработанной поверхности и поверхностного слоя металла обычно оценивается геометрическими параметрами и физико-механическими свойствами металла. К геометрическим параметрам относят микрогеометрию, волнистость, шероховатость и направление штрихов, остающихся после обработки. Под физико-механическими свойствами понимают твердость, структуру, наклеп и внутренние напряжения.

Геометрические параметры характеризуются высотой H и шагом L неровностей на поверхности. Причем, если $L/H > 1000$, то это характеристика микрогеометрии, при $L/H > 50$ — волнистости и $L/H > 0$ — шероховатости.

Различная микрогеометрия деталей является результатом применяемых технологических приемов обработки поверхности заготовки деталей. Качество поверхности тем лучше, чем совершеннее технология изготовления.

Волнистость образуется при обработке деталей резанием и является следствием кинематических погрешностей, присущих металлообрабатывающим станкам, вибраций, возникающих при обработке, и неравномерности деформации на обрабатываемой поверхности. При большой волнистости ухудшаются эксплуатационные свойства сопряжений, так как уменьшается площадь контакта, происходит рост контактных напряжений, ухудшается герметичность сопряжения, нарушается его прочность и т. д.

Шероховатость поверхности возникает вследствие механической обработки металла и оказывает существенное влияние на износостойкость, выносливость, сопротивление ударным нагрузкам, а также на коррозионную усталость детали. Влияние шероховатости на прочность особенно сильно проявляется у малопластичных (хрупких) материалов. Чем больше пластичность материала детали, тем меньше влияние шероховатости его поверхности.

Утрата необходимой прочности и, как следствие, потеря работоспособности, зависят от степени и интенсивности проявления ряда постоянно действующих факторов, к которым относятся условия эксплуатации, износ, коррозия и старение.

Условия эксплуатации способствуют активному проявлению всех факторов, влияющих на работоспособность узлов, агрегатов, деталей и подвижного состава в целом. Условия эксплуатации — это комплекс объективных и субъективных взаимосвязанных причинно-следственных событий, оказывающих воздействие на содержание, ремонт и использование подвижного состава. В этот комплекс входят профиль пути маршрутов и транспортная загрузка проезжей части, количество остановочных пунктов на маршруте и способ регулирования движением, квалификация водителей и ремонтного персонала, климатические изменения и нагрузки, состояние производственной базы эксплуатационного предприятия и обеспеченность запасными частями, способ хранения подвижного состава и множество других случайно и не случайно воздействующих на эксплуатацию троллейбуса или трамвая внешних проявлений (событий).

22. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Установлено, что около 90% деталей машин и механизмов выходят из строя из-за износа, интенсивность которого зависит от условий, складывающихся в зоне трения. К этим условиям относятся нагрузка на контактирующую поверхность, состояние поверхностного слоя сопряженных деталей, степень сохранения их взаимного расположения, условия смазки в зоне контакта и т. д.

По мере износа поверхностей деталей нарушается предусмотренная конструкцией правильность их пространственного расположения и взаимодействия деталей в узлах и агрегатах, снижается прочность этих деталей и узла в целом, нарушается стабильность регулировок, ухудшаются динамические качества узлов и возрастает вероятность появления отказа в работе.

Характерные особенности износа поверхности контактирующих деталей подвижного состава позволяют считать изменение качества их поверхности, геометрических размеров и формы следствием механического разрушения неровностей в контакте, механических воздействий, отслаивания пленок окислов и разрушения неровностей, возникших от сваривания микрочастиц из-за высокой температуры в зоне трения.

Известна классификация износа по механизму разрушения поверхности металла: износ схватыванием, окислительный износ, тепловой, абразивный и осповидный износ. В практических условиях на поверхности трения оказывают одновременно воздействие различные факторы, поэтому ведущий вид износа сопровождается сопутствующими.

Износ схватыванием преимущественно проявляется при низких скоростях скольжения и нарушении гидродинамических условий смазки. Большие пластические деформации поверхностного слоя контакта при удельном давлении в зоне контакта, превышающем предел текучести металла, способствуют возникновению металли-

ческих связей между контактирующими поверхностями. В результате непосредственного контакта между металлическими участками поверхностей и их взаимного перемещения происходит схватывание и вырывание металлических частиц из менее прочной поверхности.

Износ схватыванием наиболее интенсивен и сопровождается стремительным ростом температуры в зоне контакта.

Окислительный износ происходит в результате проникновения кислорода воздуха в слои металла, подверженные пластическим деформациям. Глубина проникновения кислорода, а значит и глубина окисления соответствуют толщине слоя пластической деформации. Результатом износа является отделение мельчайших частиц окисленного металла от поверхности детали. Этому износу наиболее подвержены мягкие стали, так как они обладают большей склонностью к пластическим деформациям и окислению. Окислительный износ больше всего присущ деталям, работающим в условиях трения скольжения.

Абразивный износ является следствием срезания поверхностных слоев металла твердыми абразивными частицами, попавшими между поверхностями трения. Характер износа не зависит от того, попали абразивные частицы на поверхность трения извне вместе со смазкой или выделились в процессе трения из материала одной из трущихся поверхностей. Абразивный износ напоминает резание металла, так как режущие кромки абразивных частиц снимают микроскопическую стружку.

Осповидный износ обычно сопровождается трением качения. Повторно переменные нагрузки в зоне поверхности качения, превышающие предел текучести металла, разрушают поверхностные слои вследствие интенсивно развивающихся микротрещин. В результате развития и слияния этих трещин происходит осповидное отделение частичек металла поверхности. Этот износ свойствен рабочим поверхностям подшипников качения и зубьев шестерен, работающих с небольшим скольжением.

Тепловой износ возникает под действием тепла, выделяемого при высоких скоростях скольжения и высоких удельных давлениях. Высокий нагрев в зоне контакта не успевает распространиться в глубь металла, поэтому поверхность сильно нагревается, снижаются прочностные свойства материала и изменяется его структура.

Кроме этих основных видов износа, при работе подвижного состава встречаются и другие. К ним относится электроэрозионный износ, связанный с прохождением электрического тока через размыкающиеся контакты.

Электроэрозионный износ происходит в результате направленного выброса с поверхности частиц материала при возникновении дуговых разрядов и искрения. Интенсивность протекания этого вида износа зависит от напряжения, силы тока и скорости расхождения электрических контактов. Существенное влияние оказывает время горения дуги, сила нажатия и притирание контак-

тов, степень их чистоты, число включений и выключений за единицу времени.

Знание видов износа и путей снижения интенсивности их проявления позволяет технически грамотно принимать меры, повышающие долговечность эксплуатации узлов и агрегатов. В результате износа меняются условия работы сопряжения: в подвижных сопряжениях увеличивается зазор, вследствие чего на детали действуют нагрузки, превосходящие расчетные; неподвижные сопряжения, особенно при неоднократных перепрессовках в результате износа, могут стать подвижными и вместо натяга в сопряжении будет зазор, в результате чего резко снизится прочность сопряжения.

При эксплуатации различают в процессе работы деталей в узлах трения три этапа износа (рис. 27). Интенсивность износа различна в период приработки (зона I), нормальной эксплуатации (зона II) и за пределами допустимого зазора (зона III).

Избежать износа деталей в сопряжении невозможно, можно снизить его интенсивность и, следовательно, повысить долговечность узлов и агрегатов. Это достигается применением смазки, своевременным и полным техническим обслуживанием, регламентированным выполнением необходимых регулировок и заменой быстроизнашивающихся деталей, соблюдением режимов и условий эксплуатации. На участке L_1 сопряжение прирабатывается, износ происходит интенсивно и зависит от качества поверхности и степени подгонки деталей сопряжения. Кривая зависимости на участке пробега L_2 характеризует нормальную работу сопряжения. Износ на этом участке возрастает монотонно, степень его возрастания характеризует культуру производства и уровень технической эксплуатации подвижного состава. На участке L_3 происходит резкое возрастание износа, так как предельно увеличились зазоры в сопряжениях. Износ достигает величины, при которой требуется ремонт с восстановлением геометрических размеров деталей. Полученные кривые износа для различного рода сопряжений позволяют определить пробег, по истечении которого сопряжение надо восстанавливать путем ремонта. На рис. 28 изображено изменение зазора между охватывающей и охватываемой деталями в процессе работы сопряжения:

$$L_2 = (s_{\text{доп}} - s_{\text{н.р}}) : 2 \operatorname{tg} \alpha,$$

где $s_{\text{доп}}$ — наибольший допустимый зазор в сопряжении; $s_{\text{н.р}}$ — начальный зазор в сопряжении по окончании приработки; $\operatorname{tg} \alpha$ — интенсивность износа сопряженных деталей.

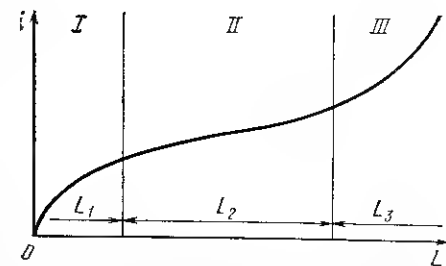


Рис. 27. Диаграмма изменения величины износа от продолжительности работы деталей в узлах трения

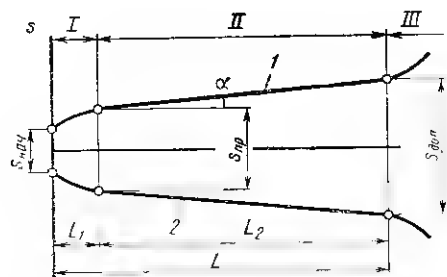


Рис. 28. Изменение зазора сопряжения в зависимости от длительности эксплуатации

1, 2 — кривые износа вала и втулки, I II III — см. рис. 2.

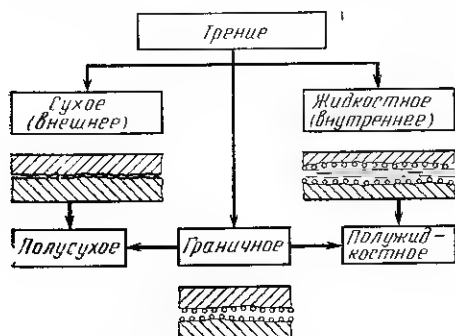


Рис. 29. Схема видов трения

Для снижения сил трения необходимо контакт поверхностей сопряженных деталей осуществлять через слой смазки. Смазка снижает величину действующих сил и потери на трение, охлаждает трущиеся поверхности и защищает их от коррозии. В зависимости от условий в зоне контакта сопряженных деталей различают несколько видов трения (рис. 29). Жидкостное трение происходит, если контактируют металл с металлом через смазку. Металл сопряженных деталей в этом случае в соприкосновение не вступает. Сухое трение возникает тогда, когда поверхности, перемещающаяся одна относительно другой, контактируют без масляной прослойки. Полужидкостное и полусухое (граничное) трение возникает тогда, когда в процессе перемещения поверхностей имеет место непосредственный контакт отдельных микронеровностей поверхности в результате нарушений условий смазки. В зависимости от того, какой вид трения преобладает в зоне контакта, может быть либо полужидкостное либо полусухое трение.

Наиболее благоприятные условия в работе сопряжений сохраняются при жидкостном трении, так как ему сопутствует наименьший износ. При жидкостном трении толщина масляной пленки

Крутизна кривой износа тем больше, чем интенсивнее износ, чем быстрее растет зазор в сопряжении. Интенсивность износа после приработки зависит от зазора, с каким собрано сопряжение, качества поверхности деталей сопряжения, условий эксплуатации и других факторов, оказывающих воздействие на работу сопряжения. Работа всех сопряжений с зазором сопровождается износом в результате действия трения качения или трения скольжения. При трении качения сопряженные детали перемещаются, имея точечный контакт либо контакт по одной линии (шариковые и роликовые подшипники). При трении скольжения сопряженные детали перемещаются одна относительно другой по контактирующим поверхностям (втулка и вал, зубья шестерен и т. д.). Износ сопряжений при трении скольжения протекает во много раз интенсивнее.

превышает неровности поверхности контактирующих деталей и износ металла происходит в результате трения между слоем смазки и поверхностью металла.

Смазочные материалы подразделяются на жидкие и консистентные (густые). В течение разрешенного времени хранения и использования свойства смазки должны изменяться как можно меньше.

Все виды смазок обладают способностью удерживаться на трущихся поверхностях, предотвращая их непосредственное соприкосновение. Эта способность зависит от вязкости смазки, температуры в зоне контакта, природы смазки и присадок.

Вязкость (внутреннее трение) смазки характеризует сопротивление сдвигу ее слоев под действием приложенной силы. Смазочные масла с одной и той же вязкостью имеют различную маслянистость, которая оценивается уровнем сопротивления смазочного слоя сдвигу с инородной поверхности.

Вязкость масла изменяется вследствие изменения температуры и давления.

С ростом температуры вязкость смазочного масла снижается. При этом большое значение имеет температура масла, которая установилась в масляной ванне, но еще большее — температура масляной пленки на поверхности контакта. При достижении предельной критической температуры смазка теряет способность удерживаться на поверхности контактирующих элементов, разделять трущиеся поверхности, и в результате этого возникает контакт металла с металлом.

Давление влияет на вязкость значительно меньше, чем температура. С ростом температуры масла влияние давления на вязкость масла падает.

Повышение нагрузки на слой смазки или уменьшение вязкости масла, вызванное ростом температуры, ведет к уменьшению толщины слоя смазки между контактирующими твердыми поверхностями.

Консистентные смазки создают путем введения загустителя в масло.

Загуститель состоит из структурных частиц 1 (рис. 30), расположенных в виде переплетенных волокон и лент, образующих каркас из удлиненных цепей, между которыми в свободных плоскостях 2

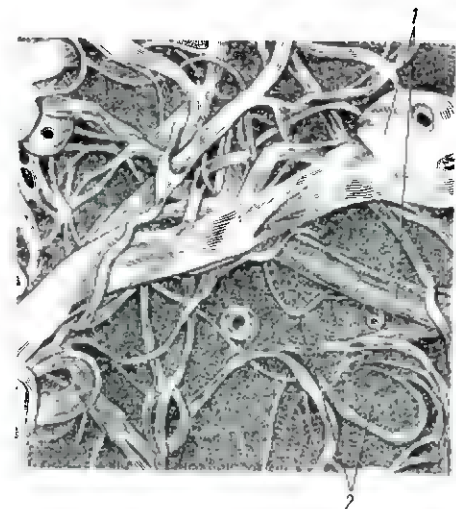


Рис. 30. Электронная микрофотография препарата натриевой густой смазки

удерживается смазывающий материал. Повышение температуры снижает вязкость и способствует выделению смазывающего материала из структурного каркаса консистентной смазки и, следовательно, к потере его смазывающих свойств.

Присадки добавляют в масла для придания им целевых свойств; присадки способствуют образованию защитных пленок на поверхности детали, препятствующих непосредственному контакту твердых поверхностей.

Во время работы в масле появляются механические примеси, состоящие из продуктов старения самого масла, металлических частиц, образующихся при износе деталей, и частиц абразивной и почвенной пыли, что резко повышает износ деталей. Поэтому периодически масло следует заменять. Чтобы предотвратить проникновение пыли (абразива), необходимо поддерживать в хорошем состоянии уплотнения.

Консистентные смазки можно применять при температуре нагрева узла до 100°C , жидкие смазки допускают нагрев до $120 - 150^{\circ}\text{C}$.

Обеспечение условий жидкостного трения, использование смазочных масел с необходимыми вязкостными свойствами, контроль температуры в узлах использования смазки создают нормальные условия эксплуатации узла и, следовательно, нормальный режим износа деталей, что обеспечивает заданную долговечность узла и его сопряжений, уменьшает расход деталей и материалов, снижает время простоя в ремонтах и трудовые затраты ремонтных бригад.

Наблюдения и контроль за износом деталей в эксплуатации, принятие своевременных мер по замене изношенных деталей или восстановление этих деталей повышают срок службы узла или агрегата.

Количественно оценить износ можно непосредственным измерением или косвенным методом. При непосредственном измерении узел разбирают и определяют износ как разность между первоначальными и конечными размерами сопряженных деталей. Микрометрические замеры связаны с большим объемом разборочных и сборочных работ. Иногда пользуются методом искусственных баз, который заключается в определении износа по разности размеров целевого отпечатка, нанесенного на деталь (канавка, засверловка и т. д.).

При косвенном методе оценки износа регистрируют выходные, рабочие или сопутствующие процессы (тяговые усилия, замедление при торможении, нагрев, шум, вибрация и т. д.) и по ним судят о работе сопряжения.

Величина износа деталей зависит от многих факторов, не связанных какой-либо зависимостью. Сбор статистических данных по износу, получаемых микрометрированием, их обработка и выводы, полученные на этой основе, являются достаточной объективной базой для разработки мероприятий по увеличению ресурса работоспособности узла или агрегата.

23. КОРРОЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Коррозия — это самопроизвольное разрушение металла, возникающее при взаимодействии его с внешней средой. Результатом такого взаимодействия является образование продуктов коррозионного разрушения, сопровождаемое утратой прочностных свойств детали. Коррозионное разрушение начинается с поверхности, проявляясь в виде преобразования металла в окислы или гидраты окислов. Внешним признаком коррозии является налет оранжево-бурого цвета на черных металлах, белый или серый крупитчатый налет на алюминии и пятна зеленого или черного цвета на меди и ее сплавах. В зависимости от агрессивности среды и степени доступа кислорода процесс протекает интенсивно или медленно, на поверхности непрерывно осаждается плотная или рыхлая пленка продуктов коррозии.

Электрохимическая коррозия является микрогальваническим процессом. В качестве анода и катода при этом выступают структурные составляющие металла (граница и сердцевина зерна, напряженный и ненапряженный участок металла, чистый металл и его окислы). Для возникновения и поддержания электрохимической коррозии требуется наличие точек или участков с различными потенциалами. Причем, анодные участки подвергаются растворению, так как обладают более высоким потенциалом.

Коррозия под воздействием атмосферных условий развивается при нормальных давлении и температуре. Мельчайшие частицы воды, всегда имеющиеся в воздухе, содержат соли, щелочи и кислоты, чем создают необходимые условия для образования микрогальванических пар.

Интенсивность разрушения поверхности зависит от состава металла, температуры и содержания в атмосфере агрессивных агентов, а также от наличия на поверхности защитных покрытий или разрушений в поверхностной пленке металла.

При воздействии на корродируемую поверхность металла механических нагрузок снижается его выносливость, т. е. возникают коррозионная усталость и, как следствие, растрескивание и коррозионное нарушение посадок в сопряжениях. Коррозия при этом способствует возникновению концентраторов напряжений и развитию микротрещин.

Коррозионное растрескивание проявляется в металле, находящемся под статическим напряжением. Отсутствие видимых повреждений металла, находящегося под напряжением в агрессивной среде, приводит к внезапному его разрушению из-за уменьшения межкристаллитной прочности.

Колебания контактирующих поверхностей с малой амплитудой, вызывающие незаметное относительное перемещение поверхностей контакта (прессовая или горячая посадки), при воздействии агрессивной среды приводят к их разрушению. Интенсивность процесса разрушения зависит от циклов относительных перемещений

в единицу времени и амплитуды колебаний. Особенно на границе зоны этих перемещений происходит периодическое разрушение и восстановление защитной окисной пленки.

Смазка контактирующих поверхностей не устраняет развития коррозии. Для этого необходимы специальные технологические приемы: фосфатирование с последующей смазкой парафином, покрытие свинцовыми белилами с добавкой дисульфида молибдена и т. п.

Причиной интенсификации коррозии являются и местные разрушения поверхностной структурной пленки металла, например, при сверлениях для установки всякого рода болтовых, заклепочных, винтовых и других разъемных соединений. Применение оцинкованных или кадмированных нормалей, использование стойких антикоррозионных и декоративных покрытий, совершенствование технологии нанесения этих покрытий обеспечивают повышение коррозионной стойкости металла и рост долговечности кузова, а следовательно, и подвижного состава в целом.

При контакте разнородных металлов атмосферная влага может играть роль электролита, что также ускоряет процесс коррозии. Интенсивность его зависит от соотношения площадей, находящихся в контакте металлов, которые выступают в данном случае в роли катода и анода. Так как катодом всегда является более благородный металл пары, то рационально при необходимости алюминиевые заклепки ставить на стальной лист, нежели стальные на алюминиевый лист.

В подвижном составе трамвая и троллейбуса коррозии наиболее подвержены элементы кузова. Этому способствуют неплотности в прилегании листов обшивки кузова и разность температур при эксплуатации подвижного состава в салоне и окружающей среды. Дождевая вода и вода при ежедневной мойке подвижного состава через неплотности проникают под обшивку и оседают на элементах конструкции. На них также конденсируется влага вследствие разности температур внутри и вне салона.

Коррозию, развивающуюся в кузовах подвижного состава, можно классифицировать по механизму протекания (химическая или газовая и электрохимическая), по условиям возникновения (атмосферная, щелевая, контактная, под напряжением, кавитационная), по типу разрушения (сплошная и местная — точечная, язвенная, нитяная).

Оценить коррозионное разрушение возможно различными методами. Наибольшее распространение получили следующие методы: контрольные замеры толщины образца и глубины слоя продуктов коррозии, в результате чего удается установить ее интенсивность (мм/год); определение изменения массы ($\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$); количественный анализ пробы путем растворения продуктов коррозии ($\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$); определение количества выделившегося водорода или поглощенного кислорода ($\text{см}^3/\text{м}^2$); определение изменения электрического сопротивления (%). Все эти методы основаны на удалении продуктов коррозии и взвешивании образца, что является слож-

ной операцией, а результаты, полученные этими методами, недостаточно точны.

Так как продукты коррозии металла обладают магнитными свойствами, отличными от свойств металла, а слой продуктов коррозии можно рассматривать как слой немагнитного покрытия стального листа, то по измерению магнитного сопротивления цепи, включающей толщину металла и продуктов коррозии на нем, можно судить о величине коррозионного разрушения. Толщину коррозионного слоя при использовании таких приборов можно отсчитать по стрелочному индикатору, градуированному в микронах.

24. СТАРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Под старением понимают изменения, происходящие в материале вследствие воздействия внешней среды и условий работы. Старение может сопровождаться не только ухудшением, но и улучшением свойств материала. Поэтому, иногда, естественное и искусственное старение является одним из технологических приемов придания материалам необходимых свойств.

Однако в большинстве случаев и, в частности, при эксплуатации подвижного состава старение материалов приводит к снижению его надежности. При этом старение рассматривают как процесс нежелательного, но неизбежного изменения с течением времени физико-механических свойств материала, таких, как прочность, твердость, пластичность, электропроводность, стойкость против агрессивных сред и т. д.

Интенсивность процесса старения зависит главным образом от знания величины нагрузки, ее характера и режима нагружения деталей. Действующие нагрузки вызывают постоянные и обратимые нарушения структуры материала.

Старению подвержены практически все материалы, применяемые в городском электрическом транспорте, но особенно изоляционные, резинотехнические и лакокрасочные покрытия. В результате старения постепенно ухудшаются их свойства под воздействием химически активных веществ, механических нагрузок, электрического поля, атмосферы воздуха, температуры и ее колебаний, влаги и т. д. В результате электроизоляционные материалы теряют эластичность, утрачивают электрическую и механическую прочность, а лакокрасочные покрытия теряют защитные качества, так как ухудшается их пластичность, происходит растрескивание, отслаивание. При нарушении целостности поверхностной пленки (истирание, прокол, трещина и т. д.) открывается доступ для проникновения воздуха и влаги внутрь слоя покрытия, что ускоряет разрушение изоляции или краски.

Старение пластических масс происходит интенсивнее под воздействием тепла, света, воды, кислорода и т. д. В результате старения ухудшаются их механические свойства, снижаются проч-

ность и пластичность, увеличивается хрупкость. При старении резинотехнических изделий уменьшается их эластичность, ухудшаются диэлектрические свойства, повышается хрупкость, в результате чего появляются трещины на поверхности и т. д.

Пластмассовые, изоляционные, лакокрасочные и резинотехнические изделия, используемые в подвижном составе, необходимо периодически принудительно заменять или восстанавливать с целью повышения долговечности узлов, агрегатов и кузова.

25. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Качество поверхности детали заметно влияет на износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость, на величину зазоров и натягов сопряжений. Качество поверхности зависит от структуры поверхностного слоя, твердости, глубины упрочнения поверхности и метода упрочнения, от шероховатости, волнистости и ряда других физических и геометрических параметров, характеризующих поверхность детали. Специальные технологические процессы повышают поверхностную твердость и обеспечивают необходимую структуру поверхностного слоя, удовлетворяющую эксплуатационным требованиям.

Износостойкость углеродистых сталей зависит от поверхностной твердости (рис. 31), которая также возрастает по мере роста содержания углерода в стали. Эти обстоятельства необходимо учитывать при восстановлении деталей на эксплуатационных предприятиях, так как отступления в достижении необходимой поверхностной твердости при восстановлении деталей снижают их долговечность и износостойкость.

Чистота поверхности (шероховатость) заметно влияет на работоспособность сопряжения. Общая площадь поверхности касания деталей в сопряжении по данным некоторых исследований в 10 раз меньше номинальной из-за шероховатости поверхности. Уровень шероховатости механически обработанной поверхности зависит от скорости резания, от подачи инструмента, от правильности заточки и материала режущего инструмента, от материала детали и технического состояния металлообрабатывающего оборудования, от технологического приема обработки и квалификации рабочего и т. д.

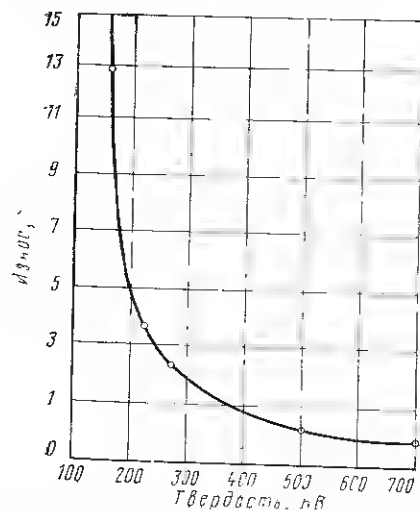


Рис. 31. График изменения износостойкости углеродистых сталей в зависимости от твердости

Во время приработки сопряжения выступы, образующие шероховатость, срезаются, скалываются, сминаются, так как площадь контакта меньше, чем предусматривалось при конструировании, а удельное давление и температура в результате этого в точках контакта выше. Отделившиеся частички металла в процессе приработки сами воздействуют на поверхность металла как абразив и способствуют интенсивному износу.

При подвижных посадках ухудшается работа сопряжения вследствие роста зазора, который образуется в результате снижения уровня шероховатости в процессе приработки. В случае неподвижных посадок выступы, образующие шероховатость, в процессе запрессовки срезаются, в результате чего фактический натяг и коэффициент трения становятся меньше расчетных значений.

Коррозионные разрушения усиливаются на поверхностях, имеющих высокую шероховатость, так как возрастает общая контактная поверхность детали с агрессивной средой и резко увеличивается количество очагов концентрации влаги.

Уровень шероховатости поверхности оказывает существенное влияние на условия смазки. Неровности на поверхности детали разрывают и нарушают непрерывность масляной пленки, создают условия для непосредственного соприкосновения металлических поверхностей. В точках контакта неровностей резко возрастает температура, в результате чего разрушается защитная масляная пленка и ухудшаются смазочные свойства масла. Вместе с тем гладкие, полированные поверхности выдавливают смазку из сопряжения, так как отсутствие неровностей на поверхности уменьшает возможности смазок обволакивать и прилипать к поверхности. Для нормального процесса смазки контактирующих деталей необходимо обеспечить оптимальный уровень шероховатости.

Чистота поверхности деталей, вновь изготовленных либо восстановленных известными способами, должна соответствовать чертежным требованиям. Повышение чистоты обработки поверхности допустимо только, если это улучшает работу сопряжения.

Шероховатость поверхности измеряется в микрометрах (мкм), а ее требуемый уровень обозначается на чертежах знаками по ГОСТ 2.309 73. Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73 указывают в обозначении для параметра R_a без символа, например, 0,5, а для остальных параметров — после соответствующего символа, например, R_{max} 6,3; Sm 0,63; t_{50} 70; S 0,032; R_z 32. При указании диапазона значений параметра приводят пределы, размещая их в две строки. В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости. Числовые значения параметров шероховатости могут быть замерены как среднее арифметическое отклонение профиля, что помечается символом R_a , либо замерены как высота неровностей профиля, определяемая по десяти точкам, что помечается символом R_z . Символ R_a в чертежах не указывается, а символ R_z указывается.

Подвижной состав наземного электрического транспорта, как и любая другая машина, содержит ряд сопряженных деталей. Узел сопряжения нормально работает только в том случае, когда при его сборке соблюдаются требования по зазорам или натягам.

Зазор в сопряженных деталях, достигаемый требуемой посадкой, необходим для сохранения масляной пленки между перемещающимися поверхностями деталей сопряжения одна относительно другой. Если зазор в сопряжении меньше необходимого, то условия жидкостного трения нарушатся, масляная прослойка прервется, работа сопряжения будет сопровождаться интенсивным износом. Это происходит, как правило, при отсутствии контроля за величиной зазора во время сборки, при сборке сопряжения с посадкой, не отвечающей условиям работы сопряжения.

Если зазор в сопряжении больше необходимого, то смазка из него во время работы выдавливается, сопряжение быстрее изнашивается. Кроме этого, в сопряжении возникают динамические нагрузки, на которые оно не рассчитано. Завышенные зазоры в сопряжении особенно опасны при динамических нагрузках, воспринимаемых сопряжением, так как в этом случае резко возрастают ударные нагрузки на узел сопряжения.

Чем меньше зазор в сопряжении после процесса приработки, тем длительнее нормальная эксплуатация сопряжения.

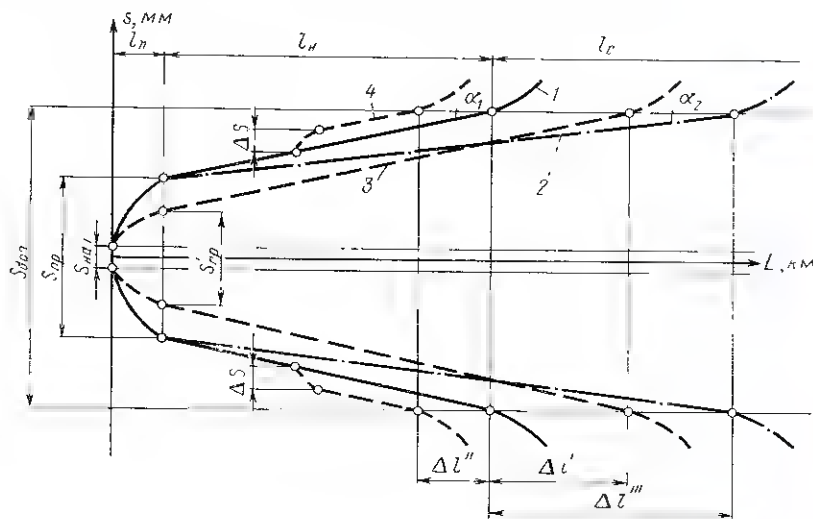


Рис. 32. Закономерности изнашивания сопряженных деталей в зависимости от пробега и выполняемых ремонтных воздействий

1 — при установившемся интенсивном износе; 2 — при снижении интенсивности изнашивания в результате проведенных специальных мероприятий; 3 — при уменьшении зазора после обкатки; 4 — после разборки сопряжения без каких-либо ремонтных воздействий

Закономерность изнашивания деталей сопряжения (рис. 32) позволяет установить ряд мер, необходимых для роста ее долговечности. К ним относятся мероприятия, снижающие интенсивность износа в процессе нормального режима эксплуатации (кривая 2, характеризующая прирост работоспособности на пробег $\Delta L'''$), мероприятия, уменьшающие зазор после приработки (кривая 3, характеризующая прирост работоспособности на пробег $\Delta L'$). Выполненная без необходимости и каких-либо ремонтных воздействий переборка сопряжения увеличивает зазор сопряжения на Δs (в результате дополнительной приработки) и сокращает работоспособность на пробег $\Delta L''$.

Сборка сопряжения из неравномерно изнашиваемых деталей, а также длительная без профилактических воздействий и контроля работа сопряжения приводят к росту зазора. Поддержание зазора в сопряжении в заданных пределах обеспечивает долговечную и надежную его работу. Чем с меньшим зазором собрано сопряжение, чем меньше приработочный износ, чем выше точность и качество поверхности деталей сопряжения, тем сопряжение долговечнее. Точность изготовления деталей и чистота их поверхности обеспечивают высокую работоспособность сопряжения, но вместе с тем при этом увеличиваются затраты на изготовление деталей такого сопряжения.

При сборке относительно большого числа сопряжений или необходимости регулярной их сборки удобно пользоваться методом подбора, который позволяет достигнуть требуемый зазор в сопряжении, не увеличивая издержки производства. При использовании метода подбора оказывается возможным несколько расширить границы допуска для используемых деталей.

Оптимальный зазор в сопряжении вал-втулка, при котором обеспечиваются необходимые условия работы слоя смазки в зазоре, можно определить по формуле

$$s = 0,467d \sqrt{\eta n' p c}.$$

Здесь d — номинальный размер втулки сопряжения, работающего с зазором, мм; η — абсолютная вязкость используемого масла, Н·с/м²; n — частота вращения вала в сопряжении, число оборотов в 1 с; c — коэффициент размеров втулки: $c = (l + d) : l$; p — удельная нагрузка, Па:

$$p = P/d_b l,$$

где P — нагрузка на втулку, Н; d_b — диаметр втулки, мм; l — длина втулки, мм.

Наименьший зазор в сопряжении, обеспечивающий работу масляного слоя,

$$s_{\min} = 0,3d \sqrt{\eta n' p c};$$

наибольший допустимый зазор сопряжения, обеспечивающий работу масляного слоя,

$$s_{\max} = s^2 \cdot 4 (\delta_1 + \delta_2),$$

где δ_1 и δ_2 — высоты неровностей поверхности вала и втулки в сопряжении (в процессе приработки можно принять равными 0,004 мм).

Масляный слой сопряжения выполняет свою роль в тех случаях, когда толщина слоя смазки $h \geq (\delta_1 + \delta_2)$. Длительность работы сопряжения можно определить из выражения

$$T = (s_{\max} - s_{\min}) : b,$$

где b — интенсивность износа вала и втулки (средний износ вала и втулки в единицу времени).

При сборке неподвижных сопряжений необходимо строго контролировать натяг, который определяется посадкой. Известно, что если даже вид посадки при сборке сопряжения выдерживается, это не означает, что натяг в сопряжении одинаков, так как качество поверхности сопряженных деталей оказывает заметное влияние на его величину. В процессе работы сопряжений прочность неподвижных посадок уменьшается и они могут перейти в подвижные, что будет сопровождаться интенсивным износом, так как в неподвижных сопряжениях не предусматривается масляная прослойка. Износ посадочных поверхностей под подшипниками качения является характерным примером перехода неподвижной посадки в подвижную вследствие неправильно выдержанного первоначального натяга.

Сборка неподвижного сопряжения с малым натягом способствует его быстрому переходу в подвижное сопряжение и, в конечном итоге, к выходу его из строя. Сборка сопряжения с большим натягом также недопустима, так как может привести к потере прочности деталей сопряжения и их разрушению. Неоднократные преспрессовки деталей неподвижного сопряжения ведут к уменьшению натяга в результате износа деталей сопряжения. Следствием этого является преждевременный переход неподвижного сопряжения в подвижное.

Значительного внимания требует сборка соединений с натягом, сопровождаемая запрессовкой различных втулок. Материалом втулок обычно является серый чугун, бронза или различные синтетические материалы. При запрессовке втулок они деформируются. Во избежание неправильной сборки сопряжения необходимо особенно тщательно контролировать величину натяга.

Работоспособность сопряжений с пластмассовыми втулками также зависит от правильной посадки втулок в отверстие и зазора в полученном сопряжении, так как с течением времени происходит усадка (релаксация) материала и величина натяга снижается. Поэтому натяг пластмассовых втулок необходимо принимать несколько большим, чем при металлических втулках.

Все детали сопряжения должны быть изготовлены по чертежам, на которых указаны необходимые размеры, что обеспечивает их взаимозаменяемость во время сборки узлов и агрегатов. Точность размера детали при ее изготовлении определяется используемым оборудованием и квалификацией персонала.

В результате присущих оборудованию, на котором изготавливается деталь, а также контрольно-измерительным инструментам и приспособлениям погрешностей выполнять детали точно по заданному чертежному размеру невозможно. Действительные размеры деталей отличаются от размеров, указанных в чертежах (номинальных размеров), на некоторую величину, которая тем меньше, чем выше класс точности оборудования.

В связи с этим допускаются указываемые в чертежах отклонения в размерах в сторону уменьшения или увеличения их на некоторую величину от номинальных значений. Чем выше ответственность деталей, тем меньше допустимые отклонения. Разность между номинальным и предельно допустимым размерами детали, указываемая в чертежах, в сторону увеличения или уменьшения называется *допуском*. Одноименные детали, выполненные в заданных пределах допуска, обеспечивают их взаимозаменяемость.

Допуски на чертежах указываются при номинальном размере символом «+» или «-», соответствующим верхнему или нижнему предельному отклонению от номинального размера.

Детали, собранные в узел, сопряжены между собой благодаря допускаемой разнице в их размерах, чем обеспечивается предусмотренная возможность их относительного перемещения, называемая посадкой. В тех случаях, когда между деталями сопряжения необходимо сохранить зазор, посадка выполняется подвижной. Подвижная посадка при сборке сопряжения получается вследствие предусмотренной разности в размерах, например, между диаметрами отверстия и вала, что создает необходимый зазор.

Неподвижная посадка также обеспечивается определенным соотношением предусмотренных размеров (например, диаметров вала и отверстия), что создает необходимый натяг в сопряжении. Необходимая величина зазора и натяга, достигаемая строгим соблюдением допусков при изготовлении деталей, во многом зависит от чистоты (шероховатости) сопрягаемых поверхностей. Отклонения от заданных требований чистоты поверхности, увеличение шероховатости приводят в одном случае к росту зазора и интенсивному износу деталей сопряжения, а в другом — к уменьшению натяга и переходу неподвижного соединения в подвижное, не предусматриваемое условиями его работы.

27. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

На всех стадиях создания, изготовления и эксплуатации подвижного состава уделяется должное внимание вопросам надежности и ищутся пути повышения долговечности деталей узлов и агрегатов.

Известные методы повышения надежности подразделяются на три равнозначные группы: конструктивные; технологические и эксплуатационные.

Конструктивные методы повышения надежности содержат комплекс мероприятий, обеспечивающий совершенствование конструкций. К ним относятся поиск простейших конструктивных решений, использование в создаваемой конструкции унифицированных и хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации узлов, агрегатов и аппаратов, выбор целесообразного для заданных условий материала, создание конструкций из равнопрочных деталей и узлов. Немаловажную роль в этих мероприятиях отводится вопросам ремонтпригодности: простоте технического обслуживания, регулировок и ремонта, доступности к узлам и агрегатам, легкости поиска неисправности.

Стоимость и трудоемкость изготовления единицы подвижного состава составляют 10—15% соответственно стоимости и трудоемкости технического обслуживания и ремонта за весь срок ее эксплуатации. Поэтому дополнительные затраты на повышение надежности при изготовлении быстро окупаются сокращением затрат в эксплуатации. Общим принципом при конструировании подвижного состава должно быть стремление использовать детали и механизмы, работающие с напряжением ниже пределов выносливости при жидкостном трении, с малым количеством индивидуальных точек смазки, устойчиво функционирующие без частых регулировок, с гасителями колебаний и динамически отбалансированные.

Чтобы обеспечить это, требуется применять демпферы и муфты в качестве защитных средств, повышать динамические качества и использовать в определенных случаях конструкции с самоустанавливающимися узлами, исключать всякие связи сверх необходимых для определенности движения, оптимизировать геометрические формы с целью уменьшения мест, в которых концентрируются напряжения, совершенствовать уплотнения. Должны быть предусмотрены возможность легкой замены узлов и агрегатов, удобный доступ для их технического обслуживания и ремонта. Немаловажную роль в повышении надежности играет простота управления подвижным составом, что достигается применением необходимого количества приборов контроля и сигнализации, обеспечением возможности рефлекторного управления и блокирования управления при несовместимых движениях, применением предохранительных устройств и ограничителей передвижения подвижных узлов, совершенных тормозных устройств и узлов, формирующих направление движения.

Технологические методы повышения надежности предусматривают мероприятия, улучшающие свойства используемого материала, прочностные параметры и характеристики. Большой комплекс воздействий, обеспечивающий соответствие техническим требованиям поверхностного слоя, включает термическую и химикотермическую обработку, нанесение износостойких покрытий, поверхностный наклеп, применение защитных покрытий. Выполнение технологических мероприятий способно в 2—3 раза, а в некоторых случаях и в 8—10 раз увеличить долговечность деталей.

Технологические мероприятия обладают большой возможностью значительно повышать уровень надежности. К технологическим мерам повышения уровня надежности относятся снижение границ допусков на изготавливаемые детали, строгий контроль величин зазоров и натягов при сборке сопряжений, применение приспособлений и оснастки, исключающих перекосы опорных поверхностей и дефекты сборки, обработка деталей с чистой поверхностью, соответствующей требуемой «по ответственности» сопряжения. Эффективными мероприятиями являются повышение точности и стабильности технологических процессов, повышение технологической культуры и дисциплины труда, ведение работ по жесткой регламентированной технологии, ограничивающей ручные процессы труда и широко использующей серийно выпускаемые промышленностью, отработанные конструктивно и технологически узлы, аппараты и приборы.

На поверхности деталей расположены основные источники концентрации напряжений, вследствие чего и разрушение деталей в большинстве случаев начинается с поверхности. Поэтому мероприятия, связанные с поверхностным упрочнением, являются наиболее эффективными и многообещающими.

Эксплуатационные мероприятия по повышению надежности также имеют большое значение. Условия эксплуатации определяющим образом влияют на надежность деталей, узлов и агрегатов. Профилактическое обслуживание, плановый ремонт, квалификация ремонтного и обслуживающего персонала, своевременное выполнение регулировочных и смазочных работ, контроль за износом деталей сопряжения, рациональные режимы эксплуатации и прочие организационно-технические мероприятия обеспечивают надежную работу подвижного состава.

Важнейшим мероприятием, снижающим поток отказов и повышающим долговечность, является рост культуры эксплуатации. Сюда относятся соблюдение требований и правил технической эксплуатации, выполнение регламента смазочных работ по срокам и с использованием требуемых марок масел, защита от проникновения в сопряжения грязи и пыли, использование деталей, поставляемых специализированными предприятиями, централизованное изготовление деталей необходимых наименований, а также применение всякого рода съемников, приспособлений и устройств при ремонте.

Для целенаправленных действий по повышению надежности подвижного состава необходима достоверная, объективная и достаточно обширная информация об отказах в работе узлов и агрегатов, о долговечности сопряжений и деталей подвижного состава, о трудоемкости выполнения тех или иных операций планового или текущего ремонта.

Текущий статистический контроль на всех стадиях производства и эксплуатации подвижного состава является активным средством обеспечения высокой надежности, но требует организации стабильного производственного процесса. Технологический пас-

порт, сопровождающий изготовление трамвая или троллейбуса, являясь первичным документом, должен отражать все отклонения и дефекты, выявленные на производственных и контрольных операциях в процессе изготовления подвижного состава.

Технический паспорт должен содержать необходимую информацию о сборке, регулировке и контроле изделий с последовательностью выполняемых производственных операций, соответствующих технологическому процессу производства.

Анализ дефектов и отказов, содержащихся в техническом паспорте, позволяет контролировать технологический процесс, оценивать уровень надежности комплектующих изделий, оценивать и корректировать действующие контрольные операции, контролировать степень и соответствие требованиям отдельных технологических операций, анализировать причины появления дефектов и отказов в процессе производства и принимать решения, устраняющие причины возникновения дефектов при изготовлении, сборке и регулировке узлов и агрегатов подвижного состава.

В эксплуатационном паспорте должны отражаться результаты приработки агрегатов и обкатки, а также служебные параметры основных узлов и агрегатов, обеспечивающих требуемую работоспособность.

Информация для анализа качества поступающих в эксплуатацию троллейбусов и трамваев собирается техническими службами эксплуатационных предприятий и сосредотачивается в специальных информационных технических картах на каждый поступающий в эксплуатацию троллейбус или трамвай. Информационная карта отражает количество и характер ремонтных воздействий, выполненных за гарантийный период и за плановый межремонтный пробег; выполненные замены и ремонты узлов и агрегатов при плановых ремонтах, но не требующиеся по характеристике данного вида планового ремонта. Собранные и обобщенные данные информации о надежности с характеристикой сложившихся условий эксплуатации должны по запросу направляться заводу-изготовителю для анализа и внесения необходимых усовершенствований и изменений в конструкцию и технологические операции изготовления подвижного состава.

Информация, поступающая из эксплуатационных предприятий, позволяет математически ее обработать, рассчитать и построить кривые распределения потока отказов по узлам и деталям, провести анализ причин утраты работоспособности как за определенный пробег в эксплуатации, так и за конкретный климатический период и определить мероприятия, обеспечивающие рост надежности подвижного состава.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

28. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Отказы в работе узлов и агрегатов подвижного состава происходят из-за износа сопряжений, проявления усталости материала, нагружений, превосходящих пределы прочности, старения и ряда других факторов, сопровождающих эксплуатацию. Несоблюдение правил технической эксплуатации и действующего режима технического обслуживания и ремонта способствует ускоренному воздействию и проявлению этих факторов. Несвоевременное проведение профилактических мер, заключающихся в заблаговременной ликвидации предельных зазоров в сопряжениях, выполнении необходимых регулировок, регулярном контроле прочности крепления узлов и деталей, своевременной смене масла или его доливки, предупредительной замене деталей, выработавших свой ресурс, существенно снижает надежность функционирования узлов и агрегатов.

В процессе ремонта узлов и агрегатов возникает необходимость в замене части деталей, изменивших форму либо геометрические размеры из-за износа. При этом можно воспользоваться новыми деталями промышленного изготовления либо деталями, восстановленными тем или иным способом и обеспечивающими при их использовании необходимый уровень работоспособности. Опыт показывает, что обычно на общую работоспособность узла или агрегата существенное влияние оказывает надежность небольшого числа деталей.

Правильно налаженный учет и контроль состояния этой группы деталей при ремонте однотипных узлов и агрегатов, работающих в одинаковых эксплуатационных условиях, позволяют с известной степенью приближения установить численные значения коэффициентов годности и восстановления деталей. Коэффициенты годности и восстановления являются достаточными для практических целей исходным материалом, используемым при планировании складского запаса новых деталей и составления плана работ для ремонтных и восстановительных участков производственных цехов.

Если n — общее количество однотипных деталей, подвергающихся контролю состояния при ремонте и техническом обслуживании за год, n_1 , n_2 , n_3 — соответствующее число однотипных деталей, остающихся годными, требующих восстановления и замены в те-

чение года, то коэффициенты годности K_1 , восстановления K_2 и замены K_3 деталей определяются как:

$$K_1 = n_1 : n; \quad K_2 = n_2 : n \quad \text{и} \quad K_3 = n_3 : n.$$

Применение известных и рекомендуемых способов восстановления деталей позволяет не только экономить новые запасные части и материальные средства, но и более полно использовать запасы прочности эксплуатируемых деталей. Обоснованно выбранные и применяемые в эксплуатационных и на ремонтных предприятиях способы восстановления обеспечивают высокую работоспособность деталей и технико-экономическую целесообразность ведения работ по их восстановлению.

Рекомендуемые способы восстановления работоспособности деталей, подвергшихся износу, обеспечивают либо восстановление геометрических форм, размеров деталей и поверхностных свойств, либо только восстановление форм, а размеры претерпевают изменения. Но и в том и в другом случае обеспечивается достижение главной цели — восстановление работоспособности деталей сопряжения узла или агрегата. Выбор наиболее эффективных способов восстановления зависит от конструктивно-технологических свойств деталей, условий их работы, производственных возможностей предприятия, выполняющего восстановительные работы. Избранный способ восстановления всегда должен оцениваться достигаемым уровнем долговечности работы деталей и стоимостью восстановления.

29. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПОД РЕМОНТНЫЙ ИЛИ НАЧАЛЬНЫЙ РАЗМЕР

Восстановление деталей под ремонтный размер предполагает их механическую обработку. Механической обработке подвергаются детали, восстанавливаемые и многими другими способами, но если при других способах восстановления механическая обработка является сопутствующей операцией, ограничивающейся подготовительными и заключительными технологическими процессами, то при рассматриваемом способе она является основной. В этой связи важное значение имеет состояние технологической базы детали, которая была принята при ее изготовлении. Обычно технологические базы выбирают так, чтобы они в процессе эксплуатации не подвергались износу, а при восстановительном ремонте служили для установки деталей при их механической обработке. В случае если технологическая база расположена в зоне сопряжений и поэтому подвержена изменению в результате износа, то работу по восстановлению следует начинать с исправления базовой поверхности либо с создания новой базовой поверхности.

Восстановление деталей под ремонтный размер сопровождается ее механической обработкой с целью восстановления геометрической формы детали, чистоты поверхности и поверхностных свойств. Механическая обработка деталей, требующих восстанов-

ления, еще больше изменяет первоначальные размеры детали. Поэтому использовать совместно в сопряжении детали, подвергнутые механической обработке, и детали, имеющие первоначальные чертежные размеры, нельзя. В сопряжении должны быть использованы детали с размерами, соответствующими размерам восстанавливаемой детали.

Детали с соответственно измененными размерами, используемые для сборки узлов и агрегатов в эксплуатационных и ремонтных предприятиях, называют деталями с ремонтными размерами. Ремонтные размеры деталей подразделяются на три вида: стандартные, регламентированные и свободные.

Стандартные ремонтные размеры вводятся предприятиями-изготовителями на те детали, у которых запас прочности значительно превышает ресурс работоспособности, предусмотренный нормальными условиями эксплуатации. Заводы-изготовители выпускают такие детали как с начальными чертежными размерами, так и со стандартными ремонтными размерами. В эксплуатационных и ремонтных предприятиях при использовании деталей со стандартными ремонтными размерами выполняются работы по доведению геометрических размеров сопряженных деталей при восстановлении применительно к стандартным ремонтным.

Регламентированные ремонтные размеры вводятся техническими условиями на восстановление деталей, когда по технико-экономическим соображениям целесообразно иметь набор деталей, не исчерпавших запас прочности с заранее обусловленными ремонтными размерами. Использование деталей с регламентированными ремонтными размерами повышает производительность и качество труда, но увеличивает номенклатуру и складской запас деталей. Регламентированные ремонтные размеры на восстановленные детали обычно имеют местное распространение, определяемое зоной влияния предприятия, поставляющего детали, восстановленные или изготавливаемые под регламентированный ремонтный размер. Как стандартные, так и регламентированные ремонтные размеры позволяют сохранять частичную взаимозаменяемость деталей, что сокращает время, потребное на ремонт узла или агрегата.

При свободных ремонтных размерах деталям придается чертежная геометрическая форма и обеспечивается требуемая чистота рабочей поверхности, размер детали не устанавливается. Затем размеры деталей подгоняют под соответствующий индивидуальный размер восстановленной детали.

До регламентированных и стандартных ремонтных размеров восстанавливаются только детали, заведомо имеющие недостаточную долговечность, число их относительно числа деталей, восстанавливаемых под свободный ремонтный размер, незначительно.

Из деталей, восстанавливаемых под свободный ремонтный размер, нельзя создавать складской запас. В целях сокращения времени на ремонт узлов и агрегатов их можно готовить как полуфабрикат для последующей подгонки по месту.

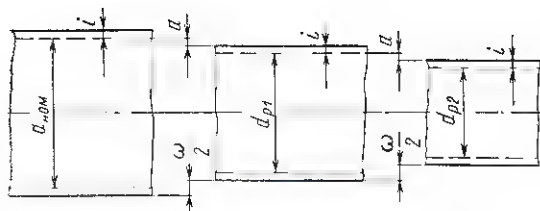


Рис. 33. Схема ремонтных размеров:

$d_{ном}$, d_{p1} , d_{p2} — диаметр вала соответственно номинальный, первого и второго ремонтного размера

Использование деталей с ремонтными размерами — самый распространенный способ восстановления из-за его общедоступности и дешевизны. Однако этот способ имеет ряд недостатков: при нем ограничена взаимозаменяемость, осложняются контроль и сортировка деталей, увеличиваются складские запасы деталей, кроме того, появляется необходимость предварительного комплектования деталей.

Количество ремонтных размеров, которые могут иметь детали, по соображениям прочности и интенсивности их износа в эксплуатации (рис. 33) можно определить по выражениям соответственно для вала и отверстия:

$$n = \frac{d_{ном} - d_{мл}}{\omega} \quad \text{или} \quad n = \frac{D_{пак} - D_{ном}}{\omega}$$

Здесь $d_{мл}$ — предельно допустимый диаметр вала; $D_{ном}$, $D_{пак}$ — номинальный и предельно допустимый диаметр отверстия соответственно; $d_{ном}$ — диаметр вала номинальный; ω — ремонтный интервал, равный $2(i+a)$, где i — величина износа поверхности вала или отверстия на сторону; a — припуск на обработку на сторону.

Восстановление деталей под ремонтный или, еще чаще, под начальный чертежный размер установкой дополнительной детали нашло широкое применение. Например, устанавливают втулку на изношенный вал или запрессовывают ее в изношенное отверстие, чтобы компенсировать износ. Предварительно подвергают механической обработке изношенную поверхность для придания ей необходимой формы и изготавливают дополнительную деталь (втулку). Материал дополнительной детали и ее рабочая поверхность должны соответствовать материалу, твердости, чистоте обработки поверхности и другим требованиям, которым отвечает восстанавливаемая деталь.

Надежная установка дополнительных деталей достигается посадкой с натягом. Иногда положение дополнительной детали фиксируется приваркой (по торцу или в нескольких точках) либо установкой с торца стопорных винтов или шпилек. Во всех случаях необходимо обеспечить неизменное пространственное положение дополнительной детали относительно восстанавливаемой и участие ее рабочей поверхности в восприятии сил трения. Неправильно выбранный натяг, низкое качество материала дополнительной детали, несоответствие параметров рабочей поверхности техническим требованиям или ненадежная фиксация дополнительной де-

тали приводят к преждевременному выходу из строя дополнительной, восстановленной и сопряженных с ними деталей. Процесс запрессовки или напрессовки облегчается, если поверхности смазать машинным маслом или смесью из масла и графита. Иногда целесообразно применять нагрев восстанавливаемой или дополнительной детали, что облегчит операцию запрессовки и повысит надежность установки дополнительной детали.

Всякая запрессовка или напрессовка с натягом влечет за собой деформацию, что следует учитывать при изготовлении дополнительной детали, назначая необходимый припуск на завершающую обработку рабочей поверхности после процесса ее установки.

Относительно правильная центровка дополнительной детали и исключение задиров при прессовых операциях достигаются созданием фаски под углом $30-45^\circ$ на заходной кромке дополнительной детали.

30. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЕМ

Пластические свойства металлов позволяют вести восстановление некоторой части деталей подвижного состава давлением. В этом случае деталь под действием приложенной нагрузки (давление), деформируясь без разрушения, приобретает форму и размеры, которые путем механической обработки доводятся затем до заданных. Пластическая деформация металла возникает при напряжениях, превышающих предел упругости, и поэтому при снятии нагрузки первоначальная форма детали не восстанавливается.

Пластическая деформация металла вызывает обширный сдвиг мельчайших его частиц относительно друг друга — возникает новое структурное состояние, характеризующееся упрочнением металла и повысившимся сопротивлением его пластическим деформациям. Упрочнение металла вследствие пластических деформаций, возникших под воздействием нагрузок, не сопровождаемых специальным его нагревом, называется *наклепом*. При наклепе механические свойства, предел текучести, прочности и твердости металла возрастают, а пластичность уменьшается. Происшедшие изменения не являются стойкими и при относительно невысоком нагреве искажения в положении мельчайших частиц металла восстанавливаются. При высоком нагреве металла, получившего пластическую деформацию в холодном виде в результате рекристаллизации, наступает изменение его структуры, сопровождаемое резким снижением твердости и повышением пластичности. Температура, при которой происходит рекристаллизация, составляет примерно 0,4 температуры плавления металла.

Различают холодную и горячую обработку металла давлением. В процессе *холодной обработки* пластическая деформация возникает при температуре ниже температуры рекристаллизации и

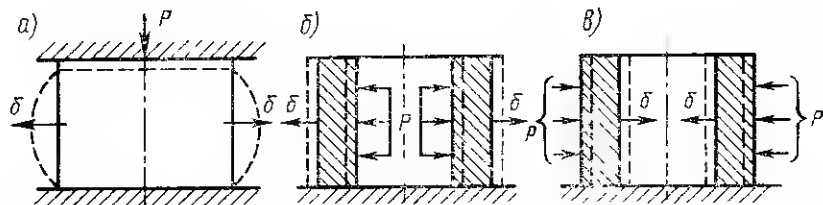


Рис. 34. Схематическое изображение воздействия при восстановлении способом давления

P — направления усилий давления на деталь, δ — направление изменения размера детали

сопровождается упрочнением металла (наклепом). Горячая обработка давлением ведется при температуре выше температуры рекристаллизации, при этом упрочнения металла не происходит.

После холодной обработки в деталях сохраняются остаточные внутренние напряжения, которые могут вызвать постепенное искажение формы, возникновение трещин, разрушения, резко снизить усталостную прочность и т. д. Снятие внутренних напряжений достигается *обжигом* или *нормализацией*.

После горячей обработки металла свойства, приобретенные им при первоначальной термической обработке, утрачиваются и детали необходимо подвергнуть термической обработке заново.

Восстановление давлением предусматривает четыре основных способа: осадка, раздача, обжатие, правка.

В эксплуатационных предприятиях способ *осадки* (рис. 34, а) применяется при изготовлении заготовок, если допускается увеличение одного размера детали за счет другого ее размера. Этим же способом можно воспользоваться при восстановлении внутреннего или наружного диаметра полых цилиндров, длина цилиндра при этом несколько уменьшается. Осадка обычно ведется с нагревом детали и последующей термообработкой, если таковая необходима.

Способ *раздачи* применяется в тех случаях, когда необходимо восстановить размер наружных поверхностей полых деталей за счет изменения внутренних размеров. Раздача нормализованных деталей ведется обычно холодным способом без подогрева, а закаленных или цементированных деталей — после их нагрева, но с последующей термической обработкой (рис. 34, б).

Способ *обжатия* применяется с целью уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения их наружных размеров (рис. 34, в). Изменение внутреннего или наружного размера способом *накатки* также относится к обработке давлением с целью восстановления геометрических размеров, но в связи с резким уменьшением в этом случае поверхности сопряжения накатка как способ восстановления рекомендована быть не может.

Все изложенные способы восстановления давлением предусматривают получение чертежной формы деталей при некотором

изменении их размеров. Восстановление формы деталей с сохранением чертежных размеров ведется способом правки.

Самым распространенным способом восстановления деталей давлением является *правка*. Правка деталей может вестись как без подогрева, так и с подогревом. На эксплуатационных предприятиях, так же как и на ремонтных заводах, правке подвергаются балки, тяги, валы, стойки каркаса кузова и т. д. Правка ведется с применением специализированной оснастки или прессового оборудования. По возможности правку следует стремиться выполнять без подогрева, что исключает последующую термообработку и ускоряет процесс ремонта. Однако правка, выполняемая без подогрева, сопровождается наклепом.

Целесообразно, после правки, выполнять, если это представляется возможным, стабилизирующий отпуск. В зависимости от марки стали и способа технологической обработки детали температура нагрева детали для стабилизирующего отпуска различна. Стабилизация правки наступит для деталей, изготовленных из стали 45, после нагрева в течение 45 мин до 400—450°С с последующим охлаждением в естественных условиях.

При ремонте часто применяется правка с местным нагревом. Местный нагрев обычно выполняется ацетилено-кислородным пламенем. При правке холодным способом остаточные напряжения могут проявиться впоследствии и вновь несколько искривить деталь. Поэтому рекомендуется при холодном способе для уменьшения остаточных напряжений правку вести с небольшим перегибом детали.

Холодная правка деталей является трудоемкой операцией и должна сопровождаться инструментальным или приборным контролем, выполняемым с помощью специальных инструментов и приборов, как во время правки детали, так и перед установкой ее в рабочее положение.

31. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

В эксплуатационных и ремонтных предприятиях сварка и наплавка нашли самое широкое применение из-за простоты, надежности и экономической целесообразности. При восстановлении изношенных и поврежденных деталей подвижного состава использование и распространение получили ацетилено-кислородная (газовая) и электродуговая сварка и наплавка.

Детали подвижного состава преимущественно изготовляют из серого и ковкого чугуна, конструкционных углеродистых и легированных сталей, а также из алюминия. Основными дефектами деталей, устраняемыми при ремонте, являются трещины, износ, отколы и повреждения резьбы. Устранение дефектов требует разных приемов сварочных и наплавочных работ из-за различия свойств используемых материалов, проявляемых после воздействия высокой температуры.

Серый чугун неоднороден по составу, имеет графитовые включения, большое содержание углерода и кремния, обладает низкой пластичностью и необратимостью изменения объема при нагреве («рост» чугуна). Ковкий чугун при высокой температуре переходит в белый, при этом теряет пластичность и приобретает хрупкость, что особенно проявляется в зоне сварного шва.

Углеродистые и легированные стали под влиянием высокой температуры, сопровождающей процесс сварки, утрачивают часть своих механических свойств, так как легированные присадки от высокой температуры образуют в поверхностном слое тугоплавкие окислы; в специальных сталях происходит самозакаливании и рост внутренних напряжений, что способствует возникновению поверхностных трещин.

Алюминий и его сплавы при высокой температуре легко окисляются. Тугоплавкость их окислов и хрупкость являются особенностью, обусловившей специальные приемы выполнения сварки и наплавки.

Широкое применение сварных соединений при ремонте подвижного состава вызвано высокой их надежностью и незначительной трудоемкостью операций. Сварке присущ ряд недостатков: изменение структуры металла в зоне температурного воздействия и возникновение больших внутренних напряжений.

Сварочные операции включают в себя подготовку деталей, сам процесс сварки и контроль качества выполненных работ. Процесс сварки состоит в наложении шва из расплавленного присадочного металла при одновременном расплавлении кромок соединяемого металла, что обеспечивает получение прочного соединения. Выбор вида сварки и технологической оснастки зависит от свариваемого материала, толщины свариваемых деталей и длины сварного шва.

В подготовку деталей к сварке входят разделка кромок свариваемых деталей или кромок трещины, подлежащей заварке, и зачистка кромок до металлического блеска. Сварочные операции позволяют выполнять соединения нижними, вертикальными и потолочными швами, соединять детали встык и внахлестку.

Сварной шов может накладываться открытой дугой, под слоем флюса, в газовой среде при использовании для создания температуры плавления металла электрической дуги или ацетиленокислородного пламени.

Контроль сварных швов может осуществляться визуальным осмотром (для определения свищей, непроваров и трещин), обмером с помощью специального инструмента (измеряют ширину и высоту шва), испытанием на прочность и плотность (гидравлические, пневматические, на утечку керосина и на механическую устойчивость), рентгено- и ультразвуковой дефектоскопией (с целью выявления внутренних дефектов сварного шва).

При ацетиленокислородной сварке (газовой) обеспечивается нагрев и плавление металла за счет сгорания ацетилена в кислородной среде. Температура пламени достигает $3000-3200^{\circ}\text{C}$ в зависимости от объемного соотношения компонентов в смеси. Нор-

мальное пламя создается при соотношении кислорода и ацетилена $1:1,15$. Увеличение или уменьшение подачи кислорода влечет за собой либо создание условий резки металла, либо разогрев металла ниже температуры плавления.

Дуговая электрическая сварка обеспечивает температуру плавления металла благодаря электрической дуге в зоне сварки, температура которой достигает 6000°C . В качестве пары электродов для создания электрической дуги используются свариваемая деталь и стержень, к которым подводится электрический ток. Вторым электродом может быть угольный стержень (тогда присадочный металл вводится в зону дуги отдельно) либо металлический (его материал является одновременно присадочным). Оба способа, предложенные русскими изобретателями Бернадосом и Славяновым, получили мировое признание.

Для создания электрической дуги пользуются как постоянным, так и переменным током.

При использовании постоянного тока анод (положительный полюс) разогревается сильнее, поэтому в большинстве случаев свариваемая деталь выступает в роли анода (прямая полярность).

Предотвращение интенсивного поглощения во время сварки кислорода и азота воздуха, ухудшающих качество сварного соединения, достигается обмазкой электродов специальными флюсами, препятствующими, в процессе плавления, свободному доступу воздуха в зону действия электрической дуги.

Обмазки электродов бывают ионизирующими (тонкие) и неионизирующими (толстые). Толщина покрытия тонких $(0,15 \div 0,3)d$ и толстых $(0,26 \div 0,35)d$, где d — диаметр электрода.

Ионизирующие обмазки обеспечивают устойчивое горение электрической дуги и при сварке требуют пониженного напряжения. Обмазка может готовиться непосредственно в сварочном отделении и состоять из смеси 80% мела и 20% жидкого стекла, нанесенной тонким слоем на электродную проволоку.

Качественная обмазка электродов выполняется специализированными предприятиями и содержит компоненты, легирующие наплавленный металл шва и замедляющие процесс его охлаждения. Электроды с такой обмазкой делят в зависимости от химического состава и твердости наплавленного металла на типы, а в зависимости от химического состава покрытия — на марки.

Наплавка представляет собой процесс нанесения слоя расплавленного присадочного металла на поверхность детали с целью восстановления ее или достижения необходимых геометрических размеров и формы. Способ наплавки зависит от материала детали, возможности достижения требуемой поверхностной твердости и обеспечения условий работы детали, величины и характера износа восстанавливаемой поверхности, последующей механической обработки и технико-экономического обоснования целесообразности выбора способа наплавки.

Наплавка включает в себя процесс подготовки детали, непосредственно наплавку и последующую механическую обработку.

Для подготовки поверхности к наплавке (преимущественно посадочных мест, имеющих небольшой износ) требуется снять с поверхности слой металла в 2—3 мм. Это вызвано тем, что при небольшом износе после механической обработки остается очень малый слой присадочного материала со структурно неоднородным составом и плохими механическими характеристиками. Граничный слой основного металла детали также утрачивает некоторые механические качества. Для достижения целей восстановления необходимо, чтобы поверхность восстановленной детали находилась по возможности дальше от границы соединения основного и присадочного материалов. Если предварительно снять небольшой слой с поверхности детали, после механической обработки наплавленной поверхности рабочая поверхность сопряжения будет содержать металл требуемого или допустимого качества.

Наплавка ведется с перекрытием сварного валика, что обеспечивает однородность наплавленного слоя и исключает такие дефекты, как непровары, кратеры, шлаковые включения. Наплавку цилиндрических деталей значительной длины следует вести короткими продольными швами для снижения внутренних напряжений, поворачивая детали на 180° после наложения каждого валика (для целей выравнивания деформаций). Наплавка многослойными швами нежелательна, так как в этом случае происходит сварка присадочного металла с присадочным, что ухудшает механические свойства наплавленного слоя.

При электродуговой сварке может использоваться переменный и постоянный ток (прямой и обратной полярности). Наиболее высокое качество наплавленного слоя достигается при использовании постоянного тока обратной полярности (деталь — плюс, электрод — минус). Силу постоянного тока, необходимую для сварки, можно определить приближенно:

$$I = 110d + 10d^2,$$

где d — диаметр электрода, мм.

После наплавки выполняется механическая обработка деталей резанием на токарных станках, чем достигаются необходимые геометрические размеры и нужная степень шероховатости поверхности.

Так как надежность восстановительных работ способом сварки и наплавки зависит при отлаженных технологических операциях и от свойств основного металла детали, то необходимо знать специфические приемы выполнения этих работ.

При сварке деталей из серого чугуна возникающие внутренние напряжения от высокого местного нагрева и быстрого охлаждения могут привести к возникновению трещин по шву или к «отбеливанию» чугуна, особенно в тонкостенных деталях. Поэтому сварку рекомендуется вести с предварительным равномерным подогревом, желательно без непосредственного воздействия пламени, и последующим медленным охлаждением. Нагрев до температуры

600—650°С при ацетиленово-кислородной сварке и до 400—450°С при электродуговой и медленное охлаждение предотвращают «отбеливание», образование отдельных закаленных участков и трещин. Для предотвращения остывания деталь покрывают листовым асбестом, а сварку ведут нижним швом во избежание растрескивания расплавленного чугуна.

Газовую сварку (рис. 35) рекомендуется вести нейтральным пламенем или с небольшим избытком ацетилена. В

качестве присадочного материала используются чугунные прутки марки А с флюсом, изготовленным на основе буры или специальными электродами марки ОМЧ. При сварке серого чугуна без предварительного подогрева пользуются электродами из малоуглеродистой стали, медными электродами или электродами из монель-металла (сплав меди с никелем).

При сварке деталей из ковкого чугуна для предотвращения «отбеливания» ее ведут при пониженной температуре. В качестве электродов используют латунные стержни марки Л и монель-металл.

Сварку алюминия и его сплавов ведут преимущественно газовым пламенем, но не исключается и применение электрической дуги. Тугоплавкость окислов, алюминия, превышающая в три раза температуру его плавления, препятствует сварке алюминия. Окислы алюминия в процессе сварки необходимо растворить, что достигается применением специальных флюсов типа АФ. В качестве присадочного металла используют алюминий того же состава, что и основной металл.

Основной металл в зоне шва целесообразно предварительно нагреть до температуры 200—250°С и произвести отжиг после сварки при 300—350°С.

При сварке деталей из легированных или термически обработанных деталей электроды выбирают применительно к марке стали деталей. Покртия применяемых электродов содержат газо- и шлакообразующие легирующие вещества и раскислители. Связывающим веществом всех покрытий электродов является жидкое стекло.

Качество сварки и наплавки зависит от режима, который выбирается в зависимости от размеров, конструкции и химического состава основного металла, а также от материала электрода. Режим сварки позволяет в широких пределах изменять степень участия основного и присадочного металлов в образовании сварного валика. Диаметр электрода должен соответствовать толщине ос-

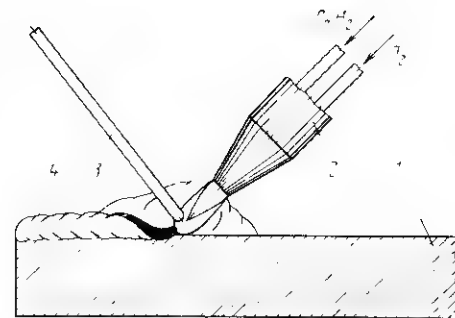


Рис. 35. Схема газовой сварки:

1 — наплавляемая деталь; 2 — газовая горелка; 3 — плавящийся электрод; 4 — наплавленный металл

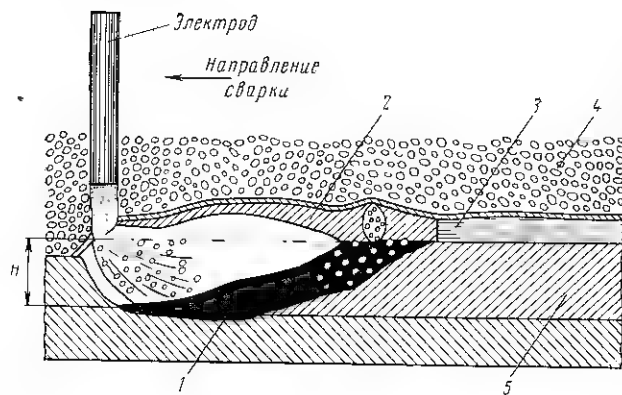


Рис. 36. Схема процесса наплавки стержневым электродом под флюсом:

1 — жидкий металл; 2 — жидкий шлак; 3 — отвердевший шлак; 4 — флюс; 5 — затвердевший металл шва, h — высота шва

нового металла восстанавливаемой детали. Сила переменного тока выбирается в зависимости от диаметра электрода d :

$$I = \beta + \alpha d,$$

где β и α — опытные коэффициенты; для обыкновенных электродов $\beta = 20$ и $\alpha = 6$.

Количество наплавленного металла

$$Q = \alpha_n I t,$$

где I — сварочный ток, А; t — время горения дуги, ч; α_n — коэффициент наплавки, г·ч/А; для тонких электродов $\alpha_n = 8,2$ г·ч/А, для толстых $\alpha_n = 10 \div 12$ г·ч/А.

Повысить качество сварного шва и материала наплавки можно, применив струю углекислого газа для предотвращения доступа кислорода и азота воздуха к расплавленному металлу. Максимальный диаметр присадочного электрода при сварке в среде углекислого газа не должен превышать 3 мм. Сварка в среде углекислого газа ведется плавящимися и неплавящимися электродами. При неплавящихся электродах (угольных или вольфрамовых) используют присадочные прутки из проволоки.

Для получения пластичного наплавленного слоя высокого качества применяют наплавку под флюсом, что обеспечивает наиболее полную защиту расплавленного металла от кислорода и азота

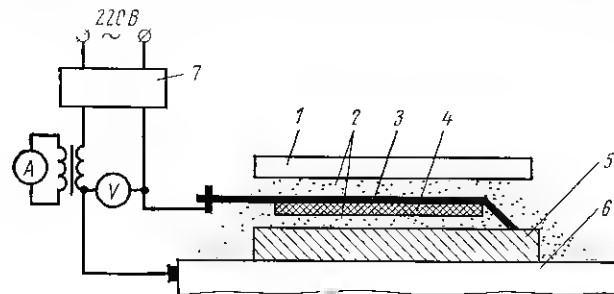


Рис. 37. Схема наплавки под флюсом лежащим пластинчатым электродом:

1 — медная или чугунная прижимная плита; 2 — флюс; 3 — электрод; 4 — обложка; 5 — наплавляемая деталь; 6 — плита; 7 — трансформатор сварочный для дуговой сварки

воздуха (рис. 36). Наплавку под флюсом можно вести и пластинчатым электродом (рис. 37), что технологически оправдано при большой площади наплавки и небольшой высоте слоя. Кроме того, флюс замедляет охлаждение металла и способствует удалению из расплавленного металла неметаллических частиц и газа. Наибольшее применение получили высокомарганцовистые флюсы.

Широко распространена на ремонтных предприятиях наплавка вибрирующим электродом (рис. 38). Этот способ обеспечивает слабый нагрев восстанавливаемой детали и незначительную зону термического воздействия, что сохраняет почти неизменными физико-механические свойства детали. Наплавка ведется при напряжении от 12 до 22 В и токе от 80 до 300 А.

Установка содержит головку с электромагнитным вибратором и механизмом подачи присадочной проволоки. Вибрирующая головка замыкает и размыкает контур, в состав которого входит деталь и электродная проволока, создавая непрерывный контактно-дуговой процесс. Частота вибрации 50—100 Гц. В зону контакта электродов подается охлаждающая жидкость для закалики наплавленного металла. Вибродуговая наплавка в принципе позволяет наращивать слой металла любой высоты. Наплавку можно вести и без охлаждающей жидкости, под флюсом и в среде защитных газов. Недостатком способа вибродуговой наплавки является образование больших остаточных напряжений, пор и мелких трещин, из-за чего не рекомендуется применять его для деталей, работающих при знакопеременных нагрузках.

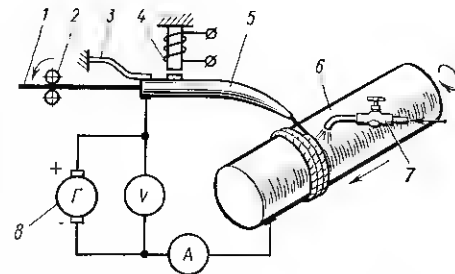


Рис. 38. Схема вибродуговой наплавки:

1 — электродная проволока; 2 — подающие ролики; 3 — пружина; 4 — электромагнит вибратора; 5 — держатель электрода; 6 — наплавляемая деталь; 7 — край подачи охлаждающей жидкости; 8 — генератор тока

32. ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ И ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ

Восстановить изношенную часть поверхности детали можно нанесением на нее в распыленном виде расплавленного металла (рис. 39). При этом способе присадочный материал подается в металллизатор, где расплавляется, затем струей сжатого воздуха или инертного газа распыляется на мельчайшие частицы и наносится на изношенную поверхность. Плавка металлической заготовки осуществляется ацетилено-кислородным пламенем, электрической дугой, токами высокой частоты и плазмой. Размеры частиц после распыления составляют от 0,002 до 0,3 мм.

Металлизация может выполняться сталью, медью, бронзой, латунью, цинком, оловом, алюминием и рядом их сплавов. До-

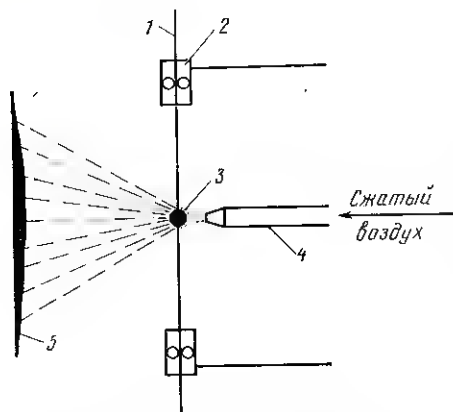


Рис. 39. Схема процесса металлизации:
1 — электродная проволока; 2 — механизм подачи электродов с устройством для подвода электрического тока; 3 — зона плавления электродов; 4 — дутьевой наконечник; 5 — восстанавливаемая поверхность

стоинство этого способа восстановления — возможность наносить слой металла толщиной от 0,03 мм до нескольких миллиметров.

Практически слой металла можно наносить на поверхность любого материала, так как при этом не происходит интенсивного ее разогрева. Причиной, ограничивающей широкое использование этого способа, является недостаточно высокая прочность сцепления поверхности материала со слоем наносимого металла. К недостаткам способа можно отнести также низкий коэффициент полезного использования присадочного материала и ряд трудностей,

возникающих при подготовке поверхности под металлизацию.

На работоспособность слоя металлизации влияет главным образом структурная характеристика напыленного металла и прочность сцепления покрытия с поверхностью, которые находятся в зависимости от массы и размера распыленных частиц металла, скорости их движения, температуры, материала электрода, качества подготовки поверхности, на которую наносится слой металла, и ряда других факторов, сопровождающих процесс металлизации.

Процесс восстановления деталей металлизацией включает в себя подготовку поверхности к металлизации, собственно металлизацию и последующую механическую обработку поверхности детали.

Подготовка к металлизации, обеспечивающая надежное сцепление поверхности детали с напыленным слоем, заключается в придании этой поверхности возможно большей шероховатости. Подготовка путем механической обработки (допускается придавать поверхности вид рваной резьбы) несколько снижает усталостную прочность и предел выносливости детали, так как при этом образуются многочисленные концентраторы напряжений. При подготовке поверхности электроэрозийным способом или анодно-механической обработкой также снижаются показатели прочности вследствие изменения свойств поверхностного слоя и возникновения многочисленных микротрещин. Более рациональным следует считать такой способ подготовки поверхности, который при некотором снижении прочности сцепления обеспечивает более высокую поверхностную прочность детали. К таким способам относятся накатка, обдув дробью или стальной крошкой.

Поверхности, не подлежащие металлизации, должны быть защищены от попадания распыленных частиц асбестовым покрытием

или смазкой. Процесс металлизации оказывает влияние на прочность сцепления и структуры напыленного слоя. Плавление металла электрода идет при высокой температуре, что способствует распылу его на мелкие частицы. Расплавленный металл отличается от металла электрода, так как происходит выгорание отдельных химических элементов, а сами частицы подвержены процессу окисления и деформируются при осаждении на поверхности детали.

Скорость полета частиц и их температура в процессе полета и при взаимодействии с поверхностью детали изменяются (частицы имеют скорость 90 м/с и температуру 950—1000°С при времени движения частиц около 0,003 с), в результате чего окисление их поверхности происходит неравномерно. Размер и масса частиц также различны, что обуславливает их различную степень деформации при ударе о поверхность детали и специфичность влияния на прочность сцепления и неоднородность структуры напыленного слоя. Плотность контакта распыленных частиц с поверхностью зависит от кинетической энергии, запасенной во время полета, температуры частиц, вызвавших их пластическое состояние, и микрорельефа поверхности детали.

Улучшить сцепление наплавленного слоя с поверхностью детали можно, применяя подслои из легкоплавких металлов и сплавов и используя для распыления не воздух, а инертный газ.

Износостойкость слоя покрытия зависит от содержания углерода и других элементов, подверженных выгоранию в материале электрода. Доказано, что содержание углерода в материале электрода 0,7—0,8% обеспечивает наибольшую износостойкость покрытия. Работоспособность поверхности напыленного слоя может быть повышена правильно выбранным режимом металлизации. Установлено, что расстояние от сопла до поверхности детали должно быть около 150 мм, что исключает сильный разогрев поверхности, на которую наносится металлизированный слой, и обеспечивает частицам достаточный запас кинетической энергии; давление дутьевой струи должно быть в пределах 0,5—0,6 МН/м² (5—6 кгс/см²) и ток — 90—100 А при напряжении 30 В. Металлизация изношенной поверхности ведется с припуском на обработку. Необходимое время на металлизацию можно определить как

$$T = \pi d l h \gamma, \text{ г/с},$$

где d — диаметр детали, м; l — длина поверхности детали, подлежащей металлизации, м; h — толщина покрытия, м; γ — плотность металлизационного покрытия, кг/м³; q — производительность аппарата, используемого при металлизации, кг/с; κ — коэффициент полезного использования проволоки, примерно 0,7—0,8.

Использование газа (ацетилен) для расплавления электродов вместо электрической дуги удорожает процесс металлизации, но обеспечивает меньшее выгорание химических элементов, более мелкий распыл частиц, меньшую пористость напыленной поверх-

ности и более высокую ее твердость. При напылении покрытия из тугоплавких материалов пользуются плазменно-дуговой металлизацией. В этом случае в качестве присадочного материала используется не только проволока, но и порошки; плазмообразующим газом могут служить аргон, азот или гелий. Плазменно-дуговая металлизация обеспечивает незначительную пористость, повышенную прочность сцепления слоя покрытия с металлом детали и меньшую окисляемость.

Распылительные головки металлизаторов промышленного производства (рис. 40) обеспечивают перенос воздухом или газом мельчайших частиц расплавленного металла на обрабатываемую поверхность. Конструктивное их отличие обусловлено родом источника тепла, применяемого для расплавления металла, и видом металлической заготовки напыляемого металла (проволока, лента, гранулы, порошок).

Электронискровая обработка поверхности (рис. 41) используется не только для подготовки поверхности к металлизации, но и для восстановления геометрических размеров изношенных деталей. Так как при электрическом искровом разряде происходит разрушение металла, то, включая обрабатываемую деталь 1 в электрический колебательный контур, работающий в режиме искрового разряда, можно в зависимости от роли, исполняемой деталью в этом контуре, либо наращивать, либо удалять часть металла. Если деталь в колебательный контур подключена так,

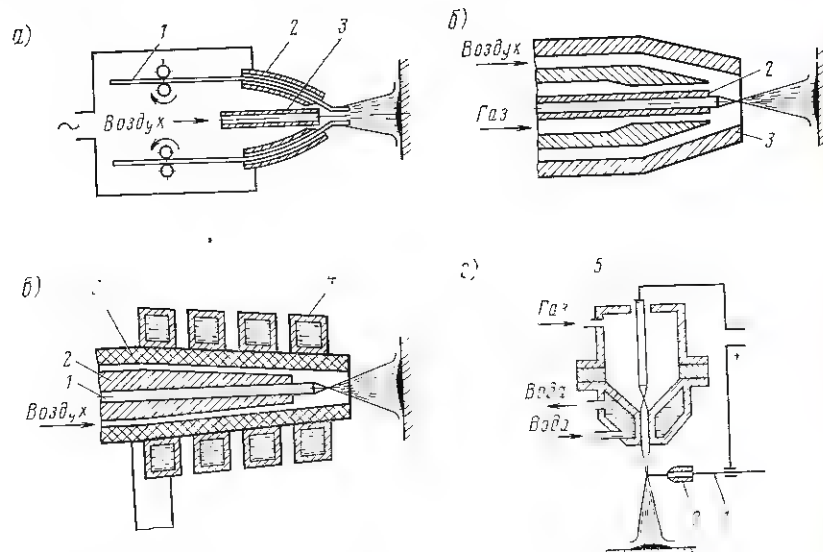


Рис. 40. Схема распылительных головок электродугового (а), газового (б), высокочастотного (в) и плазменного (г) металлизаторов:

1 — распыляемый электрод; 2 — наконечники для электродов; 3 — воздушное сопло, 4 — индуктор; 5 — вольфрамовый электрод

что она служит катодом, то будет идти процесс наращивания металла. Частицы металла будут отрываться от электрода 2 из присадочного материала и переноситься на другой электрод — деталь. При включении в контур детали в качестве анода будет идти процесс удаления металла с ее поверхности.

Промышленная установка для восстановления изношенных поверхностей способом электронискрового наращивания металла (рис. 42) состоит из переносного аппарата с конденсаторной установкой и ручного инструмента вибратора. Материалом для электрода инструмента обычно служат латунь или медно-графитовые стержни.

Электронискровая обработка ведется на постоянном токе. Промышленность выпускает установки различных модификаций с использованием конденсаторных батарей или без них. Конденсаторные электронискровые установки работают при напряжении 100—250 В, токе 0,1—40 А; емкость батарей конденсаторов до 500 мкФ. При бесконденсаторных установках (рис. 43) используется напряжение 6—36 В и ток от 2 до 200 А, что соответствует работе в режиме дугового разряда в интенсивно прерывистом ритме.

Электронискровые разряды вызывают существенное изменение физико-механических свойств поверхности металла. Целенаправленное изменение свойств поверхностного слоя (повышение твердости, износостойкости)

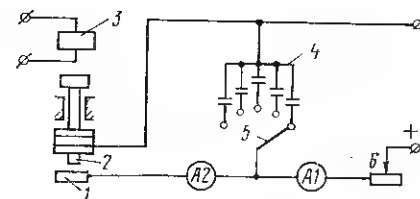


Рис. 41. Принципиальная схема установки для электронискровой обработки:

1 — деталь; 2 — электрод из присадочного материала; 3 — соленоид; 4 — батарея конденсаторов; 5 — переключатель емкости; 6 — резистор переменного сопротивления

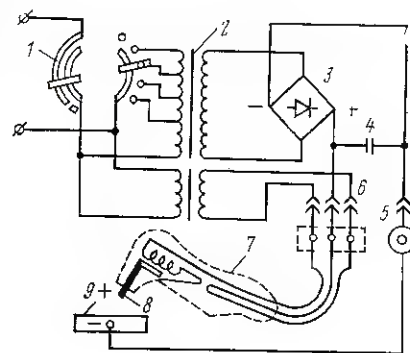


Рис. 42. Схема промышленной установки для электронискрового наращивания поверхности деталей:

1 — переключатель; 2 — трансформатор; 3 — выпрямитель; 4 — конденсатор; 5, 6 — разъемные соединения; 7 — вибратор; 8 — электрод; 9 — деталь

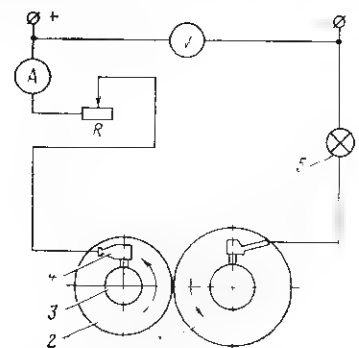


Рис. 43. Схема низковольтной электронискровой установки постоянного тока:

1 — электрод; 2 — деталь, подлежащая обработке; 3 — контактное кольцо; 4 — щеткодержатель; 5 — контрольная лампа

стойкости, антикоррозионности и т. д.) достигается применением в качестве электрода феррохрома или твердых сплавов, обеспечивающих легирование поверхности обрабатываемой детали путем образования нитридов и карбидов.

В целях увеличения переходного сопротивления, необходимого для получения наиболее однородной структуры наплавленного слоя, искровой промежуток заполняется керосином, минеральным маслом или другой электрически нейтральной жидкостью, что также способствует защите электрода от оседания на нем отбрасываемых частиц металла.

Электронсковая обработка высокого качества требует постоянства расстояния между электродами, которое в таких случаях обеспечивается автоматически механизмом подачи электрода.

Большое разнообразие оборудования для электронсковой обработки позволяет вести процесс наращивания слоя от 0,05 до 2,00 мм при производительности от 10 до 50 см²/мин.

33. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ И ПАЯНИЕМ

Восстановление деталей износостойким покрытием ведется электролитическим способом (гальванопокрытие). На поверхность детали в результате электролиза осаждается металл, содержащийся в электролитах (рис. 44). Широко применяется осаждение хрома, никеля и железа.

Достоинства, присущие хрому, определили его широкое распространение в гальванопокрытиях. Хром применяют не только с целью восстановления изношенной поверхности для увеличения ее износостойкости, но и в декоративных или антикоррозионных целях. Наносить хром электролитическим способом можно и на термически обработанные поверхности деталей. Электролитический способ позволяет осажать хром непосредственно на поверхность детали, без ее предварительной подготовки. Во многих случаях подготовка детали заключается в создании на ее поверхности подслоя из меди и никеля, что улучшает некоторые качественные характеристики электролитического процесса.

Однако хромированию присущи некоторые недостатки: хромовые ванны имеют низкий к. п. д., процесс хромирования является длительным и относительно дорогостоящим. Наращивать поверхностный слой целесообразно до толщины 0,3—0,4 мм, так как с ростом слоя покрытия падает износостойкость, растут удельные затраты и возрастает требуемая плотность тока.

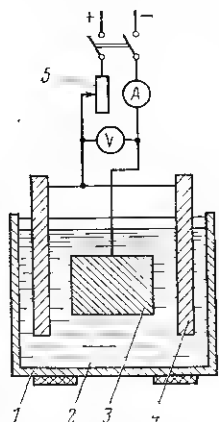


Рис. 44. Схема гальванопокрытия деталей:

1 — ванна; 2 — электролит;
3 — деталь (катод); 4 — анод;
5 — реостат

Электролитические ванны при хромировании наполняются электролитом, содержащим растворы солей, из которых выделяются ионы хрома. В роли катода выступает деталь, опущенная в электролит, а в роли анода — свинцовые электроды, содержащие сурьму. Хром, содержащийся в электролите, осаждается на катоде.

В результате электролиза вес выделяющегося эквивалентного металла m пропорционален количеству электричества, протекающего через электролит:

$$m = cIt,$$

где c — электрохимический эквивалент, г/А·ч; I — ток, А; t — время процесса электролиза, ч.

Отношение фактически осажденного при электролизе металла к теоретически возможному, выраженное в процентах, носит название — выход по току. При хромировании выход по току составляет 12—15%, что и определяет низкий к. п. д. хромовых ванн. Однако среди известных материалов покрытий, применяемых при восстановлении деталей, хром не имеет себе равных по износостойкости. Процесс хромирования позволяет получать блестящие, молочные и серые осадки. Блестящие осадки обладают высокой твердостью, повышенной износостойкостью, пористостью и хрупкостью; молочные осадки имеют высокую вязкость, износостойкость и меньшую пористость; серые осадки обладают низкой износостойкостью, являются хрупкими, но имеют высокую твердость.

В зависимости от условий работы детали на ее поверхности при восстановлении можно получать осадок хрома с требуемыми свойствами, изменяя при хромировании в ваннах с различной концентрацией электролита плотность тока и температуру, при которой протекает процесс. Износостойкость хромового покрытия зависит от твердости, но прочность сцепления покрытия с поверхностью детали — от вязкости. Поэтому при выборе режимов хромирования следует учитывать не только условия эксплуатации детали, но и технические характеристики восстановленного слоя. Время, необходимое для наращивания заданного слоя осадка, зависит от толщины слоя, плотности тока, температуры и выбранного состава электролита.

Продолжительность хромирования, ч:

$$T = h\gamma 10^3 D_k c \eta,$$

где h — толщина покрытия, мм; γ — удельный вес хрома, равный 6,7 г/см³; D_k — плотность тока на катоде, А/дм²; c — электрохимический эквивалент, 0,323 г/А·ч; η — выход по току, 12—15%.

Высокая прочность сцепления покрытия с поверхностью детали обеспечивается подготовкой поверхности к восстановлению. Самым распространенным способом подготовки является шлифование. Высокая чистота поверхности способствует лучшему сцеплению осаждаемого слоя с деталью и обеспечивает высокую уста-

лей в жидком припое и взаимная диффузия металла детали и припоя; кристаллизация припоя в процессе охлаждения.

При паянии используют легкоплавкие припои, получаемые на основе олова и свинца с температурой плавления до 400—450°С, и тугоплавкие припои — с температурой плавления свыше 450—500°С, получаемые на основе меди и цинка либо алюминия.

Припои имеют температуру плавления ниже температуры плавления металла соединяемых деталей, легко растекаются по поверхности деталей, достаточно прочны и пластичны, обладают антикоррозионной устойчивостью, невысокой стоимостью, а их коэффициент термического расширения близок к термическому коэффициенту расширения металла соединяемых деталей.

Легкоплавкие припои наносят разогретым паяльником. Низкая прочность припоев определила область их использования в случаях, когда не требуется особо высокой прочности соединения. Наиболее распространены на эксплуатационных предприятиях припой марки ПОС-40. Цифрой указано процентное содержание олова в припое. Кроме олова, в состав припоя входит в небольших количествах сурьма, медь, висмут, мышьяк и, как основной компонент, свинец.

Тугоплавкие припои применяют для более прочных соединений деталей. Нарушение прочности не должно возникать при повышенной температуре. Наиболее распространенными являются медно-цинковые припои ММЦ-48. Цифрой указано процентное содержание в припое меди. Кроме меди, в состав припоя входит, как основной компонент, цинк и в небольших количествах — железо и свинец. Чем больше в припое содержится меди, тем он прочнее, но более тугоплавок; чем больше цинка, тем более легкоплавок припой, но менее прочен и более хрупок.

Детали из алюминия и его сплавов также поддаются пайке, но для этого необходимо пользоваться алюминиево-кремниевыми припоями, носящими название силумины. Используют и припои на алюминиево-медной основе с присадкой олова или цинка, а также алюминиево-медные — с присадкой кремния. Все припои для пайки алюминия имеют температуру плавления от 500 до 650°С. Трудности, сопровождающие паяние алюминия и его сплавов, возникают из-за тугоплавкости окислов алюминия, температура плавления которых достигает 2000°С.

Процесс паяния обычно ведется с применением флюса, предназначенного для растворения окисных пленок как на поверхности соединяемого металла, так и на поверхности припоя и стимулирования смачивания поверхности, подлежащей пайке. Для использования функционального назначения флюса температура его плавления должна быть ниже температуры плавления припоя, но разрыв температур должен колебаться в определенных границах. Неправильно использовать для тугоплавких припоев флюсы, имеющие низкую температуру плавления, так как из-за высокой температуры плавления припоя флюс не оправдывает свое назначение. При легкоплавких припоях обычно пользуются жидкими

флюсами, являющимися водным раствором солей хлористого цинка или нашатыря. Если необходимо понизить температуру плавления флюса и повысить его активность, готовят композицию из этих растворов. При паянии меди для предохранения поверхности от коррозии используют канифоль. В случае перегрева канифоль утрачивает свойства флюса, поэтому после разогрева наносить ее следует на поверхность детали, а не на поверхность паяльника. Паяние тугоплавкими припоями ведется с использованием в качестве флюса буры и смеси ее с борной кислотой или борным ангидридом.

Для паяния алюминия в качестве флюса используют состав, содержащий хлористый калий с добавкой хлористого цинка, хлористого лития и фтористого натрия. Для припайки серебряных контактов пользуются припоем, изготовленным на основе серебра.

Создание прочного соединения при пайке достигается соответствующей подготовкой детали, заключающейся в очистке поверхности от грязи, окислов, ржавчины, жира или масла. Очистка ведется механическими способами, обезжириванием в бензине или керосине и травлением раствором серной или соляной кислоты. Детали из алюминия травят в растворах щелочи с последующей обязательной промывкой в воде.

Паяние деталей ведется паяльником или пламенной горелкой. Паяльник изготавливают из химически чистой красной меди. Рабочая часть паяльника должна иметь зачищенную, заостренную грань, покрытую полудой. При работе паяльник следует нагревать до температуры, превышающей температуру плавления припоя, но не перегревать, так как с него может сойти полуда. После нагрева для очистки рабочей части паяльника от окислов ее необходимо натереть нашатырем. На деталь, смоченную флюсом, нагретым паяльником переносят припой и равномерно распределяют его по поверхности пайки. Тугоплавкие припои обычно наносят, используя индукционный разогрев специализированным оборудованием или разогрев газо-пламенными горелками, работающими на смеси кислорода с ацетиленом, пропаном и т. д.

При использовании мягких припоев для оконцевания проводов и кабелей, концов секций обмотки якоря электрических машин и других деталей концы проводников окунают в ванночку с расплавленным припоем после соответствующей подготовки мест пайки. Припайка петушков коллектора электрических машин с уложенными в них оконцованными элементами секций ведется с использованием мягких свинцово-оловянных припоев марки ПОС-40 или ПОС-60 и канифоли в качестве флюса. Применять в качестве флюса кислоту в этих случаях не рекомендуется, так как она разъедает изоляцию и окисляет в зоне пайки медь, резко повышая переходное сопротивление.

В последнее время крепления наконечников на проводах и кабелях ведут не паянием, а холодной сваркой — необходимое соединение создается усилием сжатия соединяемых деталей, которое должно быть таким, чтобы обеспечить прочное взаимное сцепле-

ние поверхностных металлических структур соединяемых деталей. Контактное соединение, полученное этим способом, менее надежно. При необходимости пропускать через такое соединение токи большой плотности этот способ не может быть рекомендован, так как прочность соединения ниже, чем при горячем паянии, и состояние соединения в процессе эксплуатации не поддается контролю.

34. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

На подвижном составе городского электрического транспорта, равно как и при его ремонте, широкое распространение получили синтетические материалы (пластмассы).

Относительно высокая износостойкость, антикоррозионность, низкий коэффициент трения, технологичность обработки и другие положительные характеристики определили общее стремление к широкому внедрению различных видов пластмасс.

На подвижном составе находят применение пластмассы чисто полимерные (полиэтилен, полипропилен и др.) и композиционные с определенно заданными свойствами. Композиционные пластмассы изготовляют на основе полимеров; они содержат специальные наполнители, отвердители, пластификаторы и другие компоненты. Пластмассы подразделяют на термореактивные (реактпласты) и термопластичные (термопласты).

Термореактивные пластмассы, отвердевшие после нагрева, теряют пластические свойства и для повторной переработки не пригодны. Термопластичные пластмассы сохраняют пластические свойства и при повторном нагреве из них можно вновь формировать необходимое изделие.

Из термореактивных пластмасс на подвижном составе и эксплуатационных предприятиях широко используются эпоксидные смолы. Вводя отвердители в эпоксидные смолы, переводят их в неплавкое, нерастворимое состояние. В качестве отвердителей применяются полиэтилениполиамин, фталевый ангидрид и другие, требующие холодного или горячего процесса отверждения. При комнатной температуре в случае холодного отверждения полное завершение процесса наступает на 9—10 день, при температуре 70—90°С через 6 ч.

Эластичность, прочность и ударная вязкость эпоксидного состава повышают, вводя пластификаторы, например, дибутилфталат. Механические свойства состава повышают введением в композицию наполнителей, например, стального или алюминиевого порошка, талька, графита, стекловолокна или других материалов, придающих композиции требуемые свойства. На основе эпоксидных смол создано большое количество клеевых композиций, которые позволяют соединять друг с другом металлы, стекло, пластмассы и т. д., обеспечивая требуемую герметичность, масло- и бензостойкость, отсутствие внутренних напряжений и полную не-

разъемность соединения. Клеевые соединения, однако, имеют относительно низкую теплоустойчивость и прочность на сдвиг. Малая толщина слоя клея обеспечивает более высокую прочность соединения. Поверхность при склеивании должна быть шероховатой, очищена от грязи и жирового налета. Нанесенный на поверхность слой клея выдерживают в течение некоторого времени, а затем после соединения деталей — выдерживают под давлением.

При работе с клеевыми композициями необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и противопожарной техники, так как в состав клеевых композиций входят токсичные и огнеопасные вещества.

Термопласты, применяемые на подвижном составе и при ремонте, могут содержать металлический каркас, быть монолитными или нанесенными на деталь в виде покрытия. Из термопластов, обладающих хорошими антифрикционными свойствами (капрон и др.), изготовляют втулки, вкладыши, кольца и т. д. Введение наполнителей улучшает свойства термопластов. Заготовки из термопласта хорошо поддаются механической обработке.

При установке в сопряжения деталей из пластмасс важное значение имеет правильный выбор натяга. С течением времени и в результате нагрева происходит усадка пластмасс и натяг уменьшается. Поэтому величина натяга при использовании пластмассовых деталей должна быть несколько выше, чем при сопряжении деталей из металла; выбирается эта величина или в соответствии с расчетом, или по номограммам.

Для декоративно-защитного покрытия деталей подвижного состава пользуются напылением пластмасс газопламенным или вихревым способом. В первом случае пластмассовый порошок пропускают через пламя распылительной горелки аналогично способу металлизации, а струя сжатого воздуха или инертного газа переносит расплавленные частицы на обрабатываемую поверхность. Во втором случае деталь, разогретая до температуры, превышающей температуру плавления пластмассы, погружается в емкость с пластмассовым порошком, взвихренным сжатым воздухом или инертным газом (рис. 46). Расплавленный разогретой деталью порошок растекается по поверхности детали, покрывая ее равномерным слоем толщиной до 1,5 мм. Вихревые установки просты, удобны в эксплуатации, высокопроизводительны и экономичны.

Освоенные промышленностью методы порошковой металлургии позволяют получить изделия из материалов, не образующих между собой сплавов и обладающих иными свойствами, которых не имели исходные материалы.

Изделия из металлокерамики не требуют механической обработки: они имеют 2-й класс точности. Основными операциями изготовления металлокерамических изделий являются: изготовление порошка металла путем химического его восстановления из окислов или других соединений; приготовление необходимой порошковой смеси, выполняемое в шаровых мельницах или смесителях; прессование смеси порошков с пластификаторами давлением от

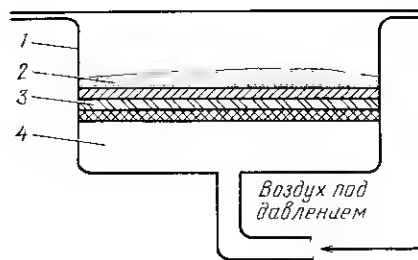


Рис. 46. Схема вихревой установки для нанесения пластмассового покрытия:

1 — бак; 2 — пластмассовый порошок; 3 — рассекатель воздушного потока; 4 — воздушная камера

1 до 12 тс/см³ (98,1—1178 мН м³); спекание, проводящееся в защитной газовой среде при температуре, равной 0,66—0,75 температуры плавления основного металла; окончательная обработка, включающая введение в поры металлокерамики добавок и заполнителей, придающих изделию целевые свойства.

Для подвижного состава ГЭТ готовится промышленный выпуск металлокерамических контактных вставок токоприемников троллейбуса и трамвая, щеток из металлокерамики для тяговых и вспомогательных двигателей.

35. ВОССТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИИ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Параметры сопротивления изоляции электрическому пробую под воздействием внешней среды, в результате старения, механических и химических воздействий, сопровождающих эксплуатацию, изменяются. Снижение качества изоляции токопроводящих элементов подвижного состава происходит медленно, и практически не удается регулярным контролем установить изменение ее состояния. В большинстве случаев нарушения изоляции выявляются в результате возникшей неисправности или отказа в работе оборудования. Поэтому важное значение в повышении надежности изоляции имеет систематический и технологически правильный уход за ней во время эксплуатации и восстановление ее защитных свойств при ремонте подвижного состава.

Во время эксплуатации необходимо своевременно удалять с изоляции пыль, грязь и не допускать попадание влаги и масел на ее поверхность, исключать случаи механических повреждений от перетирания, предотвращать перегрев и выполнять другие мероприятия, способствующие продлению срока ее службы.

В процессе ремонта восстановление качества изоляции достигается пропиткой, компаундировкой и установкой дополнительных защитных оболочек, позволяющих предотвратить механические и химические воздействия на изоляционные покрытия.

Пропитка или компаундировка служат для заполнения пор и пустот в материале изоляции составами, имеющими хорошие изоляционные свойства. Результатом пропитки является повышение диэлектрической и механической прочности изоляции, влагостой-

кости и стойкости против агрессивных сред и, в конечном итоге, повышение надежности изоляционных покрытий. Качество операции пропитки или компаундировки зависит от объема выполненных работ и технологического режима, обеспечивающих заполнение пор и пустот изоляции пропитывающим составом, исключающего проникновение воздуха и влаги в изоляционный материал и придающего слоям и элементам монолитную, прочную структуру.

Композиция пропитывающего состава зависит от класса изоляции, конструктивного исполнения, эксплуатационного назначения изоляции и технологичности операций пропитки.

В качестве пропитывающего состава используют специальные пропитывающие лаки, имеющие в своем составе твердую термореактивную смолу и легкоиспаряющийся растворитель. Поэтому при пропитке лаком необходимо многократное повторение операций с целью повышения степени заполнения пор и пустот смолой.

Компаунды содержат незначительное количество летучих веществ и поэтому допускают одноразовую пропитку, но применение компаундов ограничено их низкой теплостойкостью. С повышением температуры компаунды переходят в жидкое состояние и вытекают из пустот изоляционного материала. На пропитку изделие подается очищенным от пыли и грязи, препятствующей нормальному ходу заполнения пор и пустот пропитывающим составом и их прочному сцеплению с поверхностью изоляционных материалов.

Технологическая операция пропитки начинается с сушки для удаления из изоляции влаги. Температурный режим, при котором идет сушка, зависит от количества влаги, содержащейся в изоляции, размеров и формы изделия, подвергаемого сушке, конструктивного исполнения изоляции, кратности обмена воздуха в камере сушки и других факторов, влияющих на результаты процесса. Во всех случаях температурный режим должен быть таким, чтобы пары влаги, удаляясь из ее пор и пустот, не расслаивали изоляцию. Расслоение изоляции может происходить при высокой температуре в камере сушки и обильном насыщении влагой пустот и пор изоляции.

Сушка обычно ведется в сушильных камерах, оборудованных принудительной вентиляцией, с системой обогрева, позволяющей регулировать температуру сушки. Камера имеет хорошую теплоизоляционную оболочку. Режим сушки подбирается опытным путем, подвергается корректировке при изменении условий сушки, типа изделий и их насыщения влагой.

Образец камеры для сушки показан на рис. 47.

После сушки осуществляется процесс пропитки. Пропитка может вестись погружением изделия в емкость с пропитывающим составом при атмосферном давлении, погружением в пропитывающий состав с последующим повышением воздушного давления в емкости (пропитка под давлением) и погружением в пропитывающий состав после вакуумной обработки пропитываемого изделия (вакуумная пропитка). Применяют также режимы, комбинирующие вышеизложенные способы. Время выдержки в емкости с про-

питывающим составом определяется экспериментальным путем, так как оно зависит от вязкости состава и его пропитывающей способности, от температуры пропитывающего состава и изделия, структуры и конструкции изоляции. Ориентировочное время пропитки при нормальном атмосферном давлении около 5 мин, что соответствует прекращению выделения пузырьков воздуха из пропитывающего состава. Пропитка при нормальном атмосферном давлении ведется маловязкими пропитывающими составами. Разогретое в результате сушки изделие, погруженное в емкость с пропитывающим составом, несколько охлаждается, вследствие чего понижается уровень давления воздуха в порах и пустотах изоляции; это облегчает проникновение пропитывающего состава в поры. Вместе с тем при контакте пропитывающего состава с разогретым изделием снижается вязкость состава и возрастает его проникающая способность.

Нормальное протекание режима пропитки нарушается, если изделие перед пропиткой было перегрето, так как высокая температура вызывает активное испарение летучих составляющих пропитывающего состава, в результате чего возрастает его вязкость и, следовательно, уменьшается проникающая способность.

Извлеченное из емкости изделие выдерживается над ней 10—15 мин до завершения стекания с изделия пропитывающего состава. После пропитки необходима повторная сушка для испарения

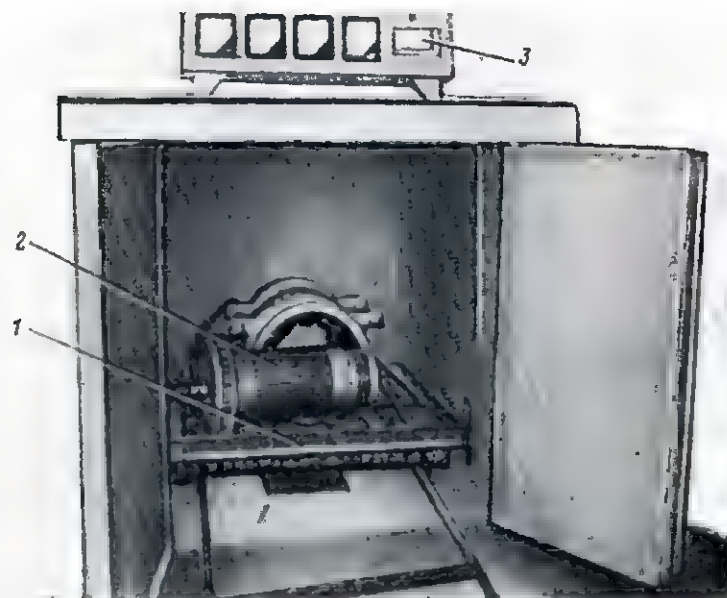
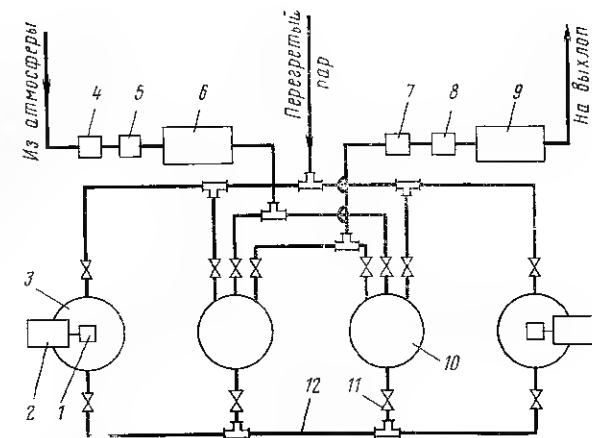


Рис. 47. Камера для сушки изоляции электрических машин и аппаратов: 1 — передвигаемая тележка; 2 — детали, подвергаемые сушке; 3 — прибор контроля режима сушки

Рис. 48. Схема компаундировочной установки на два пропиточных автоклава: 1 — редуктор; 2 — электродвигатель смесителя; 3 — смесительная емкость; 4 — воздушный фильтр; 5 — калорифер; 6 — компрессор; 7 — маслоотделитель; 8 — конденсатор; 9 — вакуумный насос; 10 — котлы-автоклавы; 11 — вентиль; 12 — трубопровод для компаундной массы



летучих компонентов и отверждения смолистой основы пропитывающего состава. Температура в сушильной камере поддерживается около 70—80° С, что обеспечивает нормальное испарение. Более высокая температура сушильной камеры может вызвать бурное испарение, сопровождающееся вытеснением смоляной основы из пор изоляции и образованием твердой поверхности оболочки, препятствующей выходу летучих компонентов.

Сушка при нормальном процессе испарения длится около 1 ч.

Затем для ускорения процесса и активного отверждения смоляной основы пропитывающего состава температура в камере повышается до безвредного для состояния изоляции уровня: 120—130° С для изоляции класса А; 150—160° С — для изоляции класса В и 190—200° С — для кремнийорганической изоляции.

Более производительным процессом, обеспечивающим повышенное качество восстановительных работ, является пропитка изоляции компаундным составом. Компаунды создаются на основе продуктов переработки нефти с включением полимеризованного льняного масла и капиноли. Компаундные композиции термостойки, в достаточной степени текучи и вязки, имеют необходимые параметры смачиваемости, прилипания и твердения. Расплавленный компаундный состав, проникая в поры и пустоты, при остывании не уменьшает своего объема и поэтому полностью их заполняет, быстро твердеет, обеспечивая высокую влагостойкость, механическую прочность и монолитность изоляционного слоя. Возможности пропитки изоляции компаундным составом ограничены сложностью применяемого для процесса пропитки оборудования и трудностями при повторных восстановительных работах. Кроме того, при высоких температурах компаундный состав плавится и течет, а центробежные силы, возникающие во вращающихся деталях, интенсифицируют процесс выброса компаундной массы.

Пропитка изоляции компаундным составом (рис. 48) выполняется в автоклавах, куда загружается изделие. После сушки изде-

Зависимость глубины закаленного слоя от частоты

Частота, Гц	Рациональная глубина закалки, мм	Минимальный диаметр детали при нагреве, мм	
		возможный	желательный
1 000	3—17	22	14
2 500	2—11	14	28
8 000	1—6	8	16
70 000	0,5—3	2,5	5

лия, которая ведется при пониженном давлении, в автоклав из смесителя нагнетается расплавленная компаундная масса. Смена вакуума (0,4 кгс/см²) при сушке на избыточное давление (6—8 кгс/см²) во время пропитки обеспечивает принудительное проникновение компаунда в поры и пустоты изоляции. После пропитки оставшуюся компаундную массу перегоняют в смеситель, а изделие, с которого стекали излишки компаундной массы извлекается из автоклава и остывает на стеллажах-подставках.

Перед загрузкой изделия в автоклав оно обматывается хлопчатобумажной лентой, которая после компаундной пропитки удаляется.

36. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ УЛУЧШЕНИЕМ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ

Материал, из которого изготавливают детали, обычно выбирают, учитывая условия эксплуатации — напряженное состояние, условия трения, температурный режим, состояние окружающей среды. Соответствующая обработка поверхностей деталей (термическая обработка, наклеп, диффузионная металлизация) способствует улучшению свойств и долговечности эксплуатации этих деталей. Термическая обработка деталей, изготовленных из стали и чугуна, является эффективным и распространенным способом улучшения свойств их поверхности. Этот способ основывается на том, что путем нагрева детали, некоторой выдержки при данной температуре и последующего охлаждения с различной интенсивностью можно добиться того, что поверхностный слой металла примет структуру с желаемыми свойствами. Все виды термической обработки подразделяют на отжиг первого или второго рода, закалка, отпуск и химико-термическая обработка.

Отжиг первого рода сводится к нагреву до температуры, обеспечивающей переход структуры металла в более устойчивое состояние за счет снятия части пластических деформаций, внутренних напряжений или наклепа. При отжиге второго рода, который можно повторять многократно, нагрев ведется до разных температур с целью получения необходимой структуры материала с последующим очень медленным охлаждением в печи или на воздухе. Процесс охлаждения разогретой детали на воздухе называется *нормализацией*.

Закалка фиксирует высокотемпературные изменения металла детали, которые достигаются путем ее нагрева с последующим интенсивным охлаждением. Закалка с нагревом имеет самое широкое распространение, так как в этом случае термической обработке подвергаются только поверхностные, наиболее нагруженные слои металла детали. При индукционном нагреве детали, помещенной в изменяющееся с большой частотой магнитное поле, глубину закалки регулируют за счет изменения частоты. Приближенно мож-

но считать, что $\delta \approx 30/\sqrt{f}$ мм при температуре стали 15°С, где δ — глубина проникновения тока в металл или глубина зоны активного разогрева, мм; f — частота колебаний, Гц.

В табл. 10 указаны ориентировочные параметры частоты, необходимые для достижения соответствующей глубины слоя закалки.

Отпуск заключается в нагреве закаленной детали до невысокой температуры с целью стабилизации процесса изменения структуры металла после закалки. Различие между отжигом и отпуском заключается в том, что при отжиге нагреву подвергается металл, неустойчивое состояние структуры которого наступило в результате механического воздействия на поверхности детали, тогда как отпуску подвергается металл детали, прошедшей термическую обработку.

Химико-термическая обработка заключается не только в улучшении структуры, но и в насыщении поверхностного слоя металла детали элементами, активно изменяющими его химический состав и свойства. Разогрев металла детали активизирует процесс насыщения этими элементами.

Цементация является процессом насыщения поверхности стали углеродом. Для получения оптимальных свойств поверхностного слоя необходимо добиться содержания углерода в нем в пределах 0,8—1,0%. Насыщение может вестись с использованием углерода, содержащегося в твердых композициях (твердая цементация), и углерода, содержащегося в газообразной среде (газовая цементация). Глубина цементированного слоя выбирается с учетом условий эксплуатации детали, так как с ростом глубины слоя цементации снижается предел выносливости поверхностного слоя.

Азотирование (нитрирование) представляет собой процесс насыщения стальной поверхности детали азотом. Азотированный слой обладает высокой твердостью, износостойкостью, хорошо сопротивляется воздействию агрессивных сред и знакопеременным нагрузкам. Азотированию поддаются все марки сталей, в том числе специальные и легированные. Азотирование является заключитель-

ной операцией при изготовлении деталей и поэтому после этого процесса детали могут подвергаться только притирке или доводке. В процессе азотирования размеры деталей несколько увеличиваются и поэтому азотирование можно использовать как способ восстановления прецизионных деталей.

Цианирование является процессом насыщения поверхностного слоя детали углеродом и азотом одновременно. При насыщении в газовой среде процесс носит название нитроцементации; он является самым прогрессивным, позволяющим при сокращении времени насыщения повысить износостойкость и предел выносливости поверхностного слоя детали.

После нитроцементации, как и после цементации, производят закалку и низкий отпуск, что снижает деформации, возникающие при термической обработке, и поверхность деталей получается светлой. Соотношением азота и углерода в насыщенном поверхностном слое регулируют характеристики полученного упрочнения. Цианирование проводят в расплавах солей, содержащих цианистый натрий или цианистый кальций. Предельная глубина цианированного слоя около 1 мм. Цианирование позволяет значительно повысить износостойкость и предел выносливости поверхностного слоя деталей.

Алитирование (алюминирование) является процессом насыщения стального поверхностного слоя детали алюминием. Алитирование позволяет повысить окислительную стойкость и стойкость против коррозии. Концентрация алюминия в поверхностном слое может достигнуть 75—80%. В окислительной среде на поверхности детали в результате алитирования образуется тонкая, прочная защитная пленка окиси алюминия.

Борирование — процесс насыщения поверхностного слоя бором. Борированные детали хорошо сопротивляются абразивному износу и воздействию кислот.

Хромирование методом поверхностного насыщения повышает кислотостойкость, коррозионную стойкость, твердость и износостойкость. Хромирование ведется в порошковых, обмазочных и газových средах.

Силицирование происходит при насыщении поверхностного слоя кремнием, что повышает коррозионную стойкость, сопротивление износу и усталостному разрушению. Однако после силицирования поверхность детали не поддается механической обработке и становится хрупкой.

Цинкование выполняется гальваническим способом для защиты деталей от атмосферной коррозии. Срок службы цинкованных покрытий зависит от толщины покрытия и условий эксплуатации. Скорость разрушения цинкованного покрытия в загрязненной промышленными газами атмосфере 6—8 мк/г. Для деталей, работающих в условиях трения, цинкованное покрытие непригодно, так как цинк активно вступает в реакцию с неорганическими и органическими кислотами, щелочами, сернистыми соединениями и увлажненным углекислым газом.

Кадмированные поверхности обладают большей химической стойкостью, чем цинкованные. Кадмированный слой не растворяется в щелочах и медленнее вступает в реакцию с кислотами. В среде сернистых газов прочность покрытия кадмием резко падает. Электролитический слой кадмия является высокопластичным и поэтому используется для защиты от коррозии резьбовых и сопряженных деталей, работающих в узлах с плотной сборкой.

Оксидирование представляет собой процесс получения оксидной пленки на поверхности детали для защиты ее от коррозии. Покрытие оксидированных поверхностей смазочными или лаковыми материалами увеличивает эффективность их применения. Оксидные покрытия можно получать термическим, химическим или электрохимическим способами. Термическое оксидирование (воронение) достигается путем погружения разогретой детали в растительное масло, щелочные растворы или расплавленную селитру. При химическом оксидировании обработка поверхности ведется в подогретом концентрированном растворе едкой щелочи, содержащей окислители, или в растворе ортофосфорной кислоты с окислителями. Электрохимическое оксидирование ведется в гальванических ваннах с раствором едкого натра. Оксидированию подвергаются и цветные металлы: алюминий, магний, медь и их сплавы. Оксидные пленки обладают большой прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами, значительной стойкостью против истирания, однако они хрупки и при изгибе на них появляются трещины.

Фосфатирование достигается получением на поверхности защитной пленки из нерастворимых солей фосфорной кислоты; применяется для защиты от коррозии деталей из черных и цветных металлов. Фосфатирование ведется химическим и электрохимическим способами. Фосфатные пленки стойки против коррозии в атмосферных условиях, бензине, масле и керосине. В кислотах и щелочах фосфатные пленки разрушаются; они не проводят электрического тока, не допускают паяния, хрупки и не обладают стойкостью против истирания. Как правило, в процессе эксплуатации разрушение деталей начинается с поверхности. Поверхностные слои подвергаются неблагоприятным воздействиям окружающей среды, воспринимают основную нагрузку, находятся в сложном напряженном состоянии (изгиб, кручение) и концентраторы напряжений в большинстве случаев располагаются на поверхности деталей. Поэтому упрочнение поверхностного слоя деталей является действенной мерой повышения усталостной прочности.

Применяются следующие основные виды поверхностного упрочнения металла (рис. 49).

Значительный эффект от упрочнения поверхностного слоя деталей, имеющих концентраторы напряжений, работающих в условиях циклических нагрузок, в коррозионной среде, в местах тугих посадок, достигается поверхностным наклепом.

Дробеструйный наклеп вызывает пластическое деформирование поверхностного слоя в результате восприятия кинетической энергии потока дроби. Глубину наклепанного слоя определяет величина

кинетической энергии дробы и длительность протекания процесса. Ударное воздействие дробы на поверхностный слой детали снижает чистоту поверхности, но устраняет дефекты, возникшие в результате механической обработки (риски, надрывы, подрезы и трещинки). Дробеструйный наклеп повышает твердость поверхностных слоев деталей.

Существенное уменьшение вредного влияния концентраторов напряжений на долговечность работы, на усталостную прочность деталей может быть достигнуто поверхностно-пластическим деформированием (ППД) металла детали, получаемым при обработке поверхности обкатками различного рода.

Обкатка роликом или шариком поверхности детали при высоких удельных давлениях повышает усталостную прочность. Правильный выбор режима обкатки (давление, подача, частота вращения детали, число проходов) и геометрия обкатного ролика определяют результат упрочнения и технико-экономическую эффективность способа упрочнения. Обкаткой можно предотвратить появление усталостных трещин, увеличить долговечность, повысить

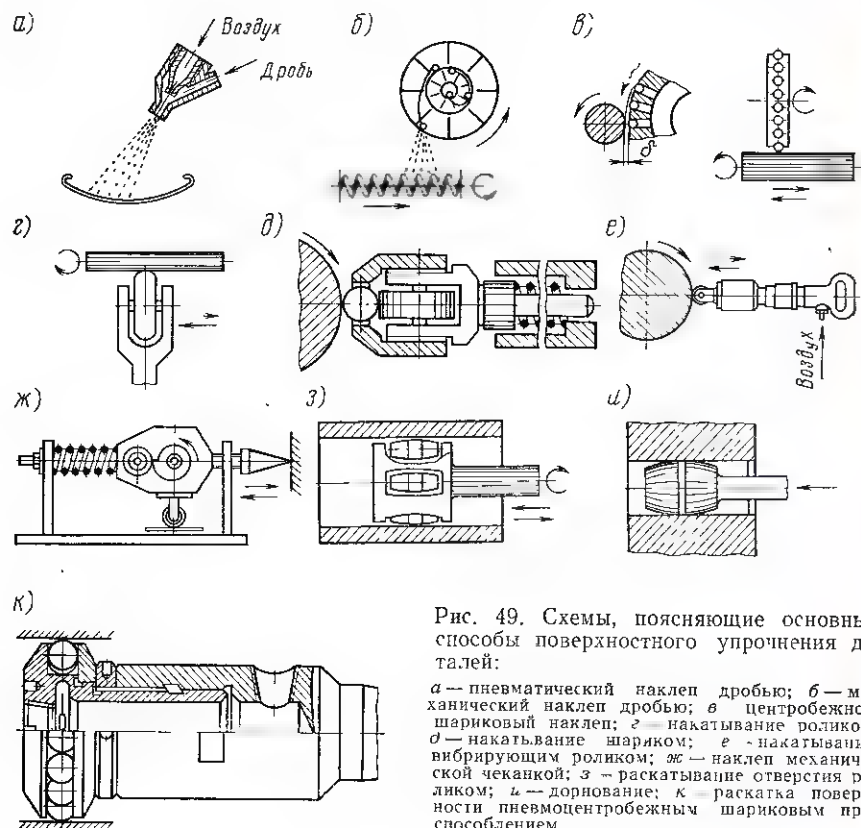
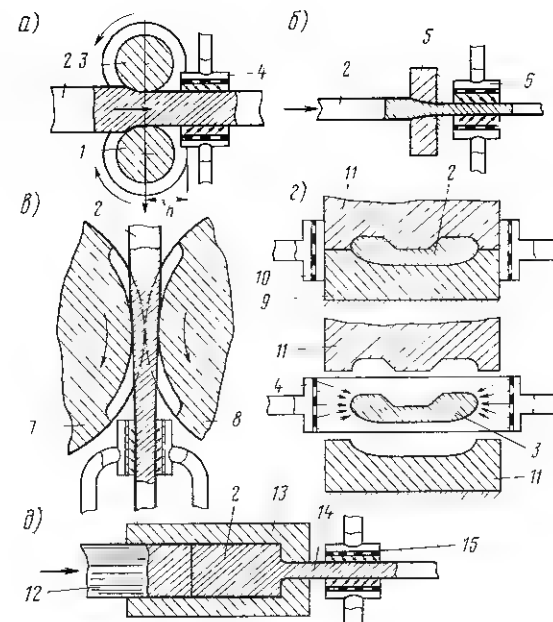


Рис. 49. Схемы, поясняющие основные способы поверхностного упрочнения деталей:

а — пневматический наклеп дробью; б — механический наклеп дробью; в — центробежно-шариковый наклеп; г — накатывание роликом; д — накатывание роликом; е — накатывание роликом; ж — накатывание роликом; з — раскатывание отверстия роликом; и — раскатывание роликом; к — раскатка поверхности пневматическим шариком при способе

Рис. 50. Основные виды пластической деформации поверхности при ТМО:

а — прокатка; б — волочение; в — обработка в ковочных вальцах; г — штамповка; д — выдавливание (экструзия)



предел выносливости и прочность многих деталей. Большой эффект дает обкатка вибрирующим роликом, так как при этом создается постоянное высокое давление на поверхность с чеканкой.

Для упрочнения поверхностного слоя детали применяется термомеханическая обработка (ТМО) материала заготовки. Сущность ТМО заключается в том, что деформация материала поверхностного слоя ведется при сильном разогреве с последующим резким охлаждением, что предотвращает развитие рекристаллизации и фиксирует структурное состояние, которое возникло в процессе деформации.

Термомеханическая обработка поверхности материала, из которого изготавливается деталь, ведется при различных схемах деформации. Например, разогретая заготовка 2 (рис. 50, а) прокатывается в вальцах 1 и 3 со скоростью несколько метров в минуту и попадает в зону интенсивного охлаждения 4. Расстояние h до зоны охлаждения зависит от скорости перемещения заготовки v и температуры нагрева материала.

Если ТМО осуществляется в процессе волочения (рис. 50, б), то заготовка 2 получает деформации и разогревается, проходя через фильер 5; когда заготовка попадает в зону интенсивного охлаждения 6, структура ее стабилизируется.

В некоторых случаях разогретую заготовку 2 пропускают через вальцы 7 и 8 (рис. 50, в), в которых она подвергается обжатиям и затем подается в зону охлаждения.

Наибольшее распространение получила ТМО при изготовлении заготовок штамповкой (рис. 50, г). Элементы штампа 9 и 11, фор-

мируя заготовку 2 давлением, разогревают ее, а быстрое охлаждение осуществляется с помощью спрейера 10 после завершения обработки давлением.

Хороший эффект ТМО достигается при деформировании в процессе выдавливания (экструзии). Заготовка 2 (рис. 50, д) помещается в матрицу 13, откуда она выдавливается через отверстие 14 формирующего инструмента матрицы под давлением, создаваемым пуансоном 12. Выдавленная заготовка интенсивно охлаждается устройством 15.

Глубина упрочненного слоя заготовки, которая достигается способом ТМО, составляет 4—7 мм, что обеспечивает повышенную прочность поверхности детали.

37. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Долговечность и безотказность отремонтированных деталей и узлов в значительной мере зависят от правильного выбора способа восстановления и организационных форм производства работ.

Рациональный способ восстановления обеспечивает не только высокое качество, но требует и наименьших затрат труда, материалов, электроэнергии и т. д. Организация производственного процесса также оказывает существенное влияние на качество, эффективность и экономическую целесообразность восстановительных работ, использующих тот или иной способ восстановления. Создание централизованных участков или цехов со значительной производственной программой работ, оснащенных современным оборудованием, оргнастройкой, подъемно-транспортными механизмами, инструментом, позволяющим использовать многие известные способы восстановления, обеспечивает высокую эффективность работ по восстановлению деталей.

Оценку технико-экономической эффективности использования того или иного способа восстановления удобно вести по нескольким критериям, отражающим технологическую оценку результата и стоимость восстановления.

Технологическую оценку следует вести с учетом конструктивных особенностей деталей, требующих восстановления: геометрические формы и размеры, материал и точность изготовления, твердость и чистота поверхности, характер сопряжения и условия работы, допустимая величина износа, а также долговечность работы детали после восстановления. Эта оценка позволяет выявить, какие детали можно восстанавливать несколькими способами, а какие — только одним способом. При этом, однако, не учитывается стоимость работ в зависимости от выбранного способа восстановления. Наиболее целесообразным для конкретных условий следует считать тот способ восстановления, который обеспечивает большую долговечность (износостойкость) восстановленных деталей при наи-

меньшей стоимости выполняемых работ. Рациональность выбора может быть подтверждена соотношением $C_v \leq \kappa C_n$. Здесь C_v — стоимость восстановительных работ; κ — коэффициент долговечности восстановленного узла или агрегата; C_n — стоимость нового узла или агрегата.

При $\kappa = 1$ (долговечность нового узла и восстановленного равны) рациональность того или иного способа определяется себестоимостью восстановления. Коэффициент долговечности восстановленных узлов может значительно отличаться от коэффициента долговечности новых из-за того, что способы восстановления имеют неравнозначные характеристики работоспособности. Работоспособность восстановленных деталей в узлах и агрегатах в основном зависит от износостойкости покрытия, усталостной прочности и прочности сцепления покрытия с основным металлом. Например, при установке дополнительных деталей коэффициент долговечности будет равен единице, если поверхностная твердость дополнительной детали и прочность ее посадки обеспечивают работоспособность сопряжения, равную новым деталям. Этот коэффициент будет меньше единицы, если поверхностная твердость или прочность посадки не обеспечивает необходимую работоспособность сопряжения. Если прочность посадки выдержана в пределах требований, а поверхностная твердость дополнительной детали обеспечивает более высокую работоспособность сопряжения, чем при сборке его из новых деталей, то $\kappa < 1$. Анализ и оценка коэффициента долговечности восстановленных различными способами деталей при учете условий их эксплуатации дают возможность выбора наиболее рационального способа восстановления.

В общем случае себестоимость восстановления одной детали

$$C_d = C_{\text{пер}} + C_{\text{п}} N,$$

где $C_{\text{пер}}$ — переменные расходы предприятия, отнесенные на восстановление детали одного наименования или узла; $C_{\text{п}}$ — постоянные расходы предприятия; N — программа работ по восстановлению одноименных деталей или узлов.

По внешнему виду формула соответствует уравнению равнобокой гиперболы; из этого следует, что при росте программы работ N себестоимость восстановления одной детали приближается к переменным расходам предприятия, отнесенным на восстановление этой детали. Поэтому восстановление деталей всегда выгодно вести при большой программе работ, что определяет целесообразность ведения восстановительных работ на специализированных участках производства.

ОСНОВЫ РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГЭТ

38. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Всякий узел или агрегат конструкции подвижного состава должен обладать высокой технологичностью. Под этим понятием подразумеваются совокупность конструктивных и технологических решений, обеспечивающих при изготовлении и восстановлении использование прогрессивной технологии и передовой организации труда; наименьшие затраты труда и рациональный расход материалов; низкая себестоимость; требуемое качество и высокая надежность функционирования.

Требуемая технологичность конструкции достигается следующим: предусмотренной взаимозаменяемостью деталей и сборочных единиц; широким использованием стандартизованных и унифицированных деталей; ограниченным числом наименований и типоразмеров используемых материалов, крепежа, подшипников и электронного оборудования; повторяемостью сборочных единиц и приборов; рациональным делением всей конструкции на ряд самостоятельных, конструктивно законченных, хорошо компонованных сборочных единиц; строгим соответствием всех изготавливаемых и комплектующих изделий, поставляемых из других отраслей промышленности, техническим требованиям и условиям эксплуатации. Необходимо, чтобы конструкция, обладающая высокой технологичностью, была безопасна в работе, удобна в техническом обслуживании и ремонте, долговечна и экономична в эксплуатации, относительно проста по устройству, не имела завышенного запаса прочности, позволяла быстро выявлять и устранять возникшую неисправность.

Технологичность конструкции оценивается также коэффициентом использования материалов, характеризующим совершенство конструкции, технологию изготовления и организацию производства. Этот коэффициент определяется отношением веса изготовленных деталей к общему весу материала, расходуемого на их изготовление,

$$K_m = (Q_1 K_1 + \dots + Q_n K_n) : (Q_3 K_1 + \dots + Q_3 K_n),$$

где $Q_1, \dots, Q_n$ — масса детали, кг; Q_3 — масса материала, используемого на изготовление деталей, кг; $K_1, \dots, K_n$ — количество деталей одного наименования.

Технологический процесс восстановления деталей и ремонта узлов подвижного состава должен учитывать конструктивные особенности ремонтируемых изделий, технические требования к ним, возможность использования передовых методов труда, достижения высокой производительности работ при общем снижении стоимости восстановления и ремонта.

Технологический процесс регламентирует способы, вид и последовательность операций ремонта, используемое оборудование, режим производственных операций и нормы времени на выполнение каждой операции.

Поскольку технологический процесс ремонта и восстановления отличается от технологического процесса изготовления, то ремонтные предприятия вынуждены изготавливать так называемое нестандартное оборудование, приспособления и оснастку, обеспечивающие высокую технологичность ремонтных операций, точность выполнения предусматриваемого процесса, минимальную затрату физического труда и высокую экономическую эффективность производства.

В технологические процессы ремонта обычно включают используемые и выверенные практикой технологические процессы заводов-изготовителей подвижного состава и поставщиков комплектующих изделий. Эти процессы, оформленные в виде технологической документации на ремонт, являются обязательными к исполнению. Строгое выполнение откорректированного и утвержденного технологического процесса гарантирует высокое качество работ и достижение в эксплуатации предусмотренной работоспособности отремонтированных деталей, узлов и агрегатов.

Технологические процессы сборки узлов и агрегатов в ремонтных предприятиях и на участках ремонта в депо должны основываться на принципе точности относительного движения исполнительных поверхностей. Повышение точности сборки достигается увеличением точности изготовления отдельных деталей узла или агрегата, сокращением числа деталей в узле или агрегате либо уменьшением передаточных отношений отдельных составляющих пар узла или агрегата. Точность взаимного расположения поверхностей деталей в узле во многом зависит от неизменности базирования или постоянства контакта сопрягаемых поверхностей.

Для достижения высокого качества детали, подлежащие восстановлению или ремонту, должны иметь хорошие установочные базы и места крепления для исполнения процесса их механической обработки, обладать доступностью к поверхностям деталей для обработки и контрольных измерений и не требовать ручных и доделочных работ.

Детали, требующие обработки на токарных станках, должны иметь форму поверхности, соосную телу вращения. Соотношение длины и наружного диаметра должно обеспечивать консольную обработку без отжима детали инструментом или осуществления обработки, требующей только поддержки продольным суппортом. Высокое качество работ, применение мер, снижающих возможность

образования концентраторов напряжений, использование способов, уменьшающих концентрацию напряжений, повышают прочность деталей и увеличивают долговечность конструкций.

Разборка узла или агрегата в процессе ремонта ведется с целью выявления деталей, выработавших ресурс работоспособности, утративших часть своих физико-технических качеств, годных для дальнейшей эксплуатации либо пригодных для использования не по прямому назначению. Последующая сборка узлов, агрегатов, оборудования или подвижного состава ведется из деталей, годных к использованию, восстановленных тем или иным способом, и новых, изготовленных на предприятии либо полученных от поставщиков запасных частей. Таким образом, всякий ремонт состоит из операций разборки, восстановления и сборки, на которые имеется технологическая документация с изложением последовательности ведения работ, приемов труда и нормы времени на их выполнение.

39. РАЗБОРКА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПОДГОТОВКА ИХ К РЕМОНТУ

Поступающие в ремонт или на ревизию агрегаты и узлы троллейбуса и трамвая перед разборкой очищают от грязи и моют. Прежде чем приступить к мойке, сливают масло из агрегатов в специальные емкости для сбора отработанных масел. Разборку узлов и агрегатов удобнее производить, установив их на специальные стелы-манипуляторы, обеспечивающие удобство работ, и используя специализированные ключи и приспособления, что повышает производительность труда. Разборку резьбовых соединений удобно выполнять инструментом пневматическим и инерционно-ударным, способным развивать большие крутящие моменты. Сопряжения, собранные с натягом, разбирают, применяя съемники различной конфигурации с гидравлическим или механическим приводом. Вывинчивание шпилек удобно вести цанговыми или эксцентриковыми ключами. Механизация процесса разборки, аккуратное складирование деталей после разборки предохраняют демонтированные детали от дополнительных повреждений. Кроме стел-манипуляторов, позволяющих устанавливать агрегат при разборке в удобное для ведения работ положение, широко используют столы с гидравлическим или пневматическим зажимом, тумбочки (рис. 51) для разборки реактивных штанг, карданов, рулевых тяг и т. д. с пневматическим зажимным устройством.

Процесс разборки оказывает существенное влияние на все дальнейшие операции ремонта. Операции разборки часто определяют объем последующего ремонта, сохранность деталей и расход новых деталей. Разборка, равно как и сборка узлов и агрегатов, состоит из ограниченного числа повторяющихся операций: распрессовка и запрессовка, разборка и сборка резьбовых соединений, монтаж и демонтаж подшипниковых узлов и т. п. Это позволяет

механизировать сборку и разборку и осуществлять целенаправленные мероприятия, повышающие производительность труда и его безопасность.

Особого внимания в процессе разборки требуют отбалансированные или индивидуально подогнанные детали узла. Избежать последующих возможных отклонений в работе узла и затрат дополнительного времени и труда при наладке после сборки можно, если не обезличивать детали сопряжения, а делать метки на них. Эти метки нужны не только для сохранения приработанной сопряженной пары, но и для сохранения положения одной детали сопряжения

относительно другой. Повышенного внимания требуют при разборке детали, имеющие участки с высокой чистой поверхностью: шейки осей колесных пар, посадочные места под подшипники, коллекторы тяговых и вспомогательных двигателей, шлицевые и шпоночные места, приработанные поверхности шестерен и червяков редукционных механизмов и др. С целью их предохранения от дополнительных повреждений предусматривают разборку узла и транспортировку таких деталей с использованием защитных устройств в виде насадок или накладок из мягких предохранительных материалов. Демонтаж с подвижного состава электрических аппаратов или машин производят, сохраняя маркировку отсоединяемых электрических проводов, что не только облегчает их последующий монтаж, но и предотвращает возникновение аварий или отказов в работе вследствие неправильного их присоединения.

После мойки и сушки детали подвергаются контролю состояния и разбраковке, которая ведется по четырем группам. В процессе контроля детали группируются: на годные к повторному использованию без каких-либо технологических воздействий, на годные к использованию после восстановления, на годные к дальнейшему использованию, но не по прямому назначению и на выбракованные в металлолом.

Детали, годные к дальнейшему использованию без каких-либо технологических воздействий, обычно имеют конфигурацию и геометрические размеры, находящиеся в допустимых пределах; на их поверхности нет видимых признаков начала разрушения.

Детали, годные к дальнейшему использованию после восстановления, имеют износ выше допустимого по техническим условиям, но запас их прочности достаточен, чтобы после восстановления они

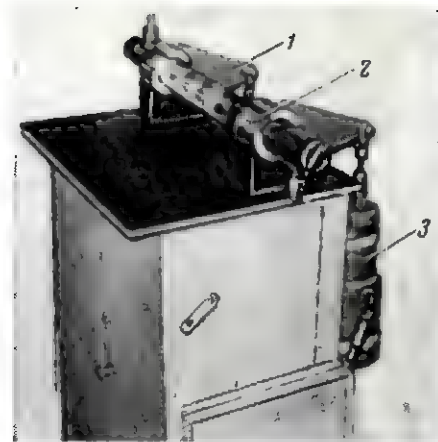


Рис. 51. Тумбочка с пневмозажимами для производства сборочно-разборочных работ:

1 — прижим; 2 — деталь; 3 — пневмоцилиндр

могли отвечать техническим требованиям. Относя детали к этой группе, исходят из возможностей предприятия выполнять необходимые операции восстановления.

Детали, годные к использованию не по прямому назначению, выбраковывают в связи с дефектами или разрушениями, отсутствием технической возможности или целесообразности их восстановления либо по другим причинам, исключая возможность их дальнейшего использования; эти детали направляют на производство в качестве исходного материала для изготовления других, необходимых предприятию.

Детали, выбракованные в металлолом, сортируют по маркам материала, собирают, хранят и сдают предприятиям по вторичной переработке металлов.

Детали, подлежащие использованию по прямому назначению и восстановлению тем или другим способом, должны пройти операции подготовки, заключающиеся в основном, в очистке и обезжиривании. Транспортировку деталей для выполнения этих операций производят таким образом, чтобы деталям не было нанесено дополнительных механических повреждений. Транспортировку деталей желательно выполнять подъемно-транспортными устройствами с применением специализированных, в соответствии с конфигурацией деталей, контейнеров. Рациональным следует считать процесс, когда очистка и мойка деталей производится в установках без извлечения деталей из транспортной тары контейнера. Тара может быть выполнена в виде сетчатых контейнеров армированной конструкции. При дополнительной погрузке и выгрузке деталей может произойти их повреждение, возникнуть дополнительный дефект.

Очистку стальных деталей, деталей из алюминия, меди и их сплавов необходимо вести отдельно, так как используемые химические растворы для их очистки содержат различные (по составу и количеству) химически активные компоненты.

Для очистки стальных деталей может быть рекомендован раствор, содержащий каустическую соду NaOH , кальцинированную соду Na_2CO_3 , жидкое стекло Na_2SiO_3 , соль жирных кислот (мыло хозяйственное) и хромпик $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ соответственно в соотношении: 2,5; 3,1; 1,0; 0,8; 0,5 кг на 100 л воды. В растворах для очистки деталей из цветных металлов и их сплавов не должны содержаться щелочи, оказывающие разрушающее воздействие, а концентрация остальных активных компонентов должна быть снижена.

После химической очистки детали обильно обмывают водой и сушат сжатым подогретым воздухом. Операции выполняют в отдельно стоящих или конструктивно совмещенных установках. При необходимости удаления жировой пленки с поверхности деталей (обезжиривание) их помещают в моечные машины с щелочными растворами, подогретыми до температуры не выше 70°C (имеющими в своем составе тринатрийфосфат Na_3PO_4). Затем следует обильная промывка деталей горячей водой.

Для мойки деталей используют специальные моечные машины, конструкции которых весьма разнообразны (например, рис. 52).

Для интенсификации процесса очистки, обезжиривания и мойки используют нагревательные элементы различного исполнения, чаще всего тены, обеспечивающие подогрев моющего состава; применяют вращающиеся столы, на которых устанавливают контейнеры с деталями для кругового обмыва; подводят сжатый воздух к воздуховодам, расположенным в растворе, для повышения циркуляции раствора и, следовательно, качества мойки.

Загрузку контейнеров с деталями в механизированные моечные установки производят подъемно-транспортными механизмами, конструкция которых приспособлена к моечным установкам.

Помещения, в которых осуществляются очистка и мойка, обычно изолированы от производственных участков и оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей надлежащие санитарно-гигиенические условия труда. Качество очистки и обезжиривания деталей, а также скорость протекания процесса могут быть повышены при применении ультразвука. Ультразвук оказывает механическое воздействие на загрязненную поверхность деталей, в результате чего жировые пленки разрушаются. Эффективность применения ультразвуковых волн для очистки и обезжиривания деталей возрастает по мере роста химической активности моющих растворов. В качестве растворов применяют органические растворители, водные растворы щелочей или синтетические поверхностно активные вещества.

Необходимые звуковые волны высоких частот получают за счет использования магнитострикционного или пьезоэлектрического эффекта.

Магнитострикционный эффект проявляется у ряда металлов и сплавов от их способности изменять свои линейные размеры под воздействием магнитного поля. Пьезоэлектрический эффект проявляется у кристаллов при приложении к граням кристалла механических сил (сжатие или растяжение), который заключается в возникновении зарядов на его поверхности. Обратный пьезоэффект проявляется тогда, когда грани кристалла от воздействия электрического заряда меняют свои геометрические размеры.

Ультразвуковые установки состоят из генератора электрических колебаний и преобразователя их в поток упругих механических волн. Эти преобразователи, в виде направленных излучателей, по-

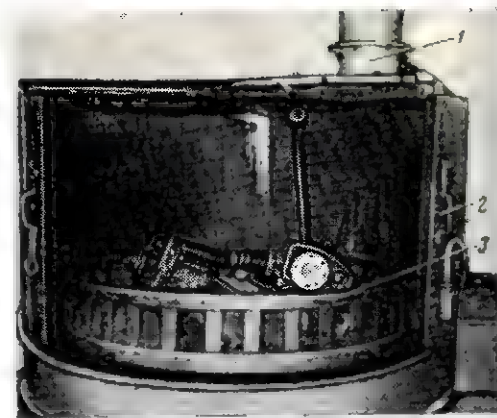


Рис. 52. Установка для мойки деталей:
1 — вытяжная труба; 2 — раздвижные створки;
3 — вращающийся стол мойки

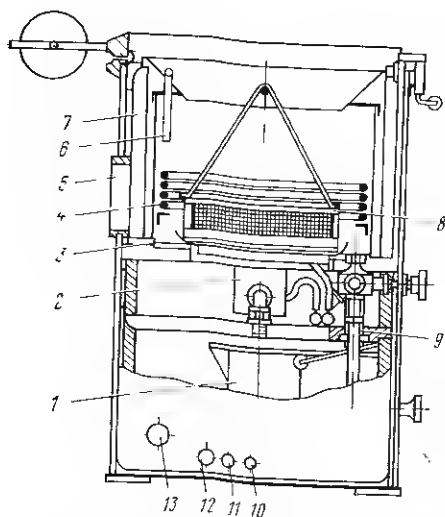


Рис. 53. Ультразвуковая установка для очистки деталей:

1 — бак для слива жидкости из ванны; 2 — магнотриксционный преобразователь; 3 — ванна; 4 — змеевик для нагрева жидкости в ванне или охлаждения преобразователя; 5 — выходное отверстие в системе вентиляции; 6 — термометр; 7 — устройство бортового отсоса; 8 — сетка с очищаемыми деталями; 9—13 — трубопроводы для слива жидкости, воды, подачи ее и ввода электродов

По змеевику пропускается горячая или холодная вода. Очищаемые детали загружаются в сетку ванны с растворителем, температура которого контролируется термометром и должна быть не выше 30°С. Очищают детали в органических растворителях, бензине «калоша», водных растворах щелочей или синтетических поверхностно-активных веществах. Продолжительность очистки в зависимости от формы и загрязненности деталей составляет 2—5 мин.

Ультразвуковая очистка дает более высокое качество работ, повышает производительность труда, а весь процесс подготовки деталей к восстановлению может быть механизирован.

Очистка электрического оборудования от пыли и грязи производится сжатым воздухом. Продувка ведется в специальных продувочных камерах, снабженных отсосом воздуха и пылеулавливателями.

Камеры плотно закрываются, имеют внутреннее освещение, смотровые окна и рукавники для доступа к гибким соплам, формирующим струю воздуха в направлении необходимых участков. Давление воздушной струи в зоне сосредоточенного воздействия (2—3) · 10⁻⁵ Па.

мешают в ванны с раствором для очистки деталей. Ультразвуковые генераторы в зависимости от исполнения обеспечивают частоту колебаний от 15 кГц до нескольких мегагерц. Для очистки и обезжиривания деталей троллейбуса и трамвая достаточно использовать ультразвуковые установки, работающие на частоте 20—40 кГц.

Установки серии УЗВ (рис. 53) универсального исполнения имеют широкое практическое применение для очистки деталей.

В установках УЗВ в дно ванны встроен магнотриксционный преобразователь, который, являясь источником ультразвуковых колебаний, получает питание от ультразвукового генератора. Ванна заключена в звукоизоляционный кожух. Под крышкой кожуха установлен бортовой отсос, соединенный с вентиляцией.

40. РЕМОНТ КУЗОВА ТРОЛЛЕЙБУСА И ТРАМВАЯ

Одним из главных конструктивных элементов подвижного состава является кузов. Хотя конструктивное исполнение кузовов троллейбуса и трамвая разнообразно, однако процесс их ремонта имеет много общего и отличается особенностями только по тем элементам, которые специфичны для той или иной конструкции. Кузов состоит из узлов и деталей, изготовленных из различных материалов: стали, алюминия и его сплавов, дерева, стекла, синтетических материалов и др. Узлы кузова подразделяются на базовые и небазовые. К базовым узлам относятся основание, каркас и крыша; к небазовым — ограждающие конструкции (наружная и внутренняя обшивки), двери, окна и кузовная арматура.

Прочность кузова и его долговечность в значительной мере зависят от расположения и прочности узлов и элементов, воспринимающих наибольшие и длительно действующие статические и динамические нагрузки.

Надежность кузова в основном определяется способом и качеством соединений его узлов и элементов. Соединения в конструкциях кузовов бывают неразъемные — сварные, клепаные, склеенные и разъемные — болтовые, винтовые и шурупные. Под действием нагрузок, возникающих в эксплуатационных условиях, прочность соединений нарушается, появляются разного рода дефекты в виде изгибов и трещин, разрушений швов, износов крепежных отверстий, повреждений резьбы и т. д. Стимулируют нарушения, возникающие в соединениях, механические колебания кузова, коррозия и старение, которые доводят напряжения в его элементах до значений, близких к пределу выносливости. Возникновение нарушений от усталости наступает быстрее в элементах, подверженных коррозии. Неразъемные соединения и, в частности, клепаные требуют особого внимания, так как их ослабление приводит, кроме разрушения самого соединения, к разработке отверстий под заклепку и к возникновению коррозии в местах соединений между заклепками. Размер заклепок обычно зависит от их роли в соединении и толщины склепываемых элементов. Ориентировочно длина заклепок

$$l = b + (1,3 \div 1,5)d,$$

где b — толщина склепываемых деталей; d — диаметр заклепки.

Сварные соединения элементов кузова по сравнению с другими видами соединений имеют ряд преимуществ, так как сварной шов обеспечивает герметичность и повышенную жесткость соединений, обладает меньшей металлоемкостью и для исполнения требует меньшие затраты времени и труда. Однако сварные соединения кузова при восприятии динамических нагрузок имеют пониженную надежность, так как их усталостная прочность в зависимости от применяемого способа сварки ниже усталостной прочности металла соединения на 15—30%.

Техническое состояние кузова подвижного состава определяет долговечность и безотказность эксплуатации как троллейбуса и трамвая в целом, так и основного его оборудования. Во время эксплуатации кузов воспринимает значительные по величине, часто меняющиеся статические и динамические нагрузки. Кузов троллейбуса подвержен такого рода нагрузкам в большей степени, так как дорожное покрытие улиц не является таким ровным, как рельсовая колея трамвая. Под воздействием этих нагрузок и коррозии, а также вследствие аварийных повреждений в элементах конструкции кузова появляются дефекты в виде трещины усталости, коррозированных элементов конструкции, деформированных частей каркаса, пробоин и вмятин, а также нарушений сварных и болтовых соединений. Из-за механического износа некоторые элементы кузова, работающие в сопряжении с оборудованием подвижного состава, могут изменять геометрические размеры и форму.

Технологический процесс ремонта кузова заключается в ликвидации выявленных дефектов элементов кузова. Ремонт кузова в основном выполняется при заводских ремонтах подвижного состава; некоторые работы могут выполняться в депо при плановых ремонтах и при устранении аварийных повреждений. Ремонт кузова ведется в специализированных цехах или на участках кузовных работ. При капитальном ремонте производится неполная разборка кузова, так как неразъемные соединения узлов кузова, не имеющие дефектов, разрушать во время ремонта нецелесообразно.

В технологический процесс ремонта кузова входят: очистка и мойка кузова; демонтаж кузовного механического, пневматического, гидравлического, электрического оборудования и транспортировка его в специализированные участки по ремонту этого оборудования; снятие внутренней и наружной обшивок, окон, дверей, люков; правка, ремонт и восстановление дефектных элементов кузова, внутренней электрической и пневматической проводки, внутренней и внешней обшивок кузова; установка кузовного, механического, пневмо-гидравлического и электрического оборудования; заключительная окраска кузова. В условиях депо ремонт кузова ведется по аналогичной, но сокращенной схеме. Демонтаж ведется только того оборудования, которое по характеристике правил деповского ремонта требует его на специализированных участках работ или если демонтаж оборудования необходим по условиям доступа к элементам конструкции кузова для ремонтно-восстановительных работ.

Работы по ремонту кузова выполняют специализированным инструментом и приспособлениями, многие из которых выпускаются промышленностью в виде комплектиных наборов.

Кроме обычного слесарного инструмента, в такие наборы входят всякого рода выколотки, распорные, выжимные и стягивающие приспособления, струбцины и другие виды оснастки.

Подъем кузова для выкатки мостов троллейбуса или тележек трамвая осуществляется домкратами с электромеханическим, пневматическим или гидравлическим приводом с индивидуальным

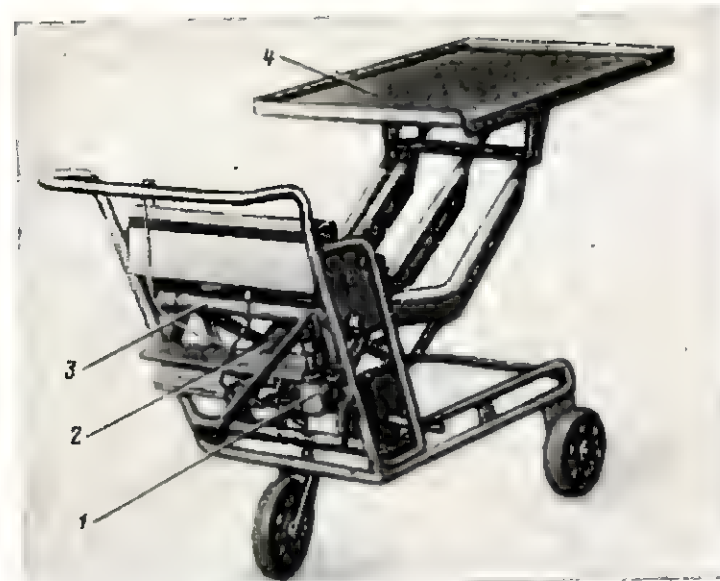


Рис. 54. Тележка с подъемной платформой для перевозки аккумуляторов:
1 — рычаг ручной подкачки; 2 — цилиндр гидравлического подъемника; 3 — бак с гидрожидкостью; 4 — поднимающийся стол тележки

или групповым включением. В заводских условиях подъем кузова может осуществляться мостовым краном грузоподъемностью не ниже 15 т. Снизу основания, в местах пересечения поперечных ферм или балок с лонжеронами или продольными элементами рамы, имеются опорные площадки, необходимые для установки домкратов при подъеме кузова.

Перед подъемом кузова необходимо разъединить все связи кузова с ходовыми частями, выводные кабели тяговых и вспомогательных двигателей, карданные валы и тяги тормозных устройств. После подъема кузова выкатываются мосты из-под троллейбуса или тележки из-под трамвая. Выкатка ведется транспортирующими приспособлениями, а тележки трамвая могут быть выкачены включением своего тягового двигателя, получающего в этом случае электропитание от специального устройства. По завершении выкатки ходовых частей кузов опускают на монтажные тележки или подставки. Съем и транспортировка демонтируемого оборудования ведется с использованием специальных подъемно-транспортных устройств, площадки которых подводятся под снимаемый агрегат (рис. 54).

Дефектовка рамы и каркаса кузова производится после полной очистки элементов конструкции от ржавчины и отслоившейся защитной краски. Деформированные элементы конструкции определяются внешним осмотром или с помощью линейки; трещины усталости выявляются с использованием подсвета в результате тща-

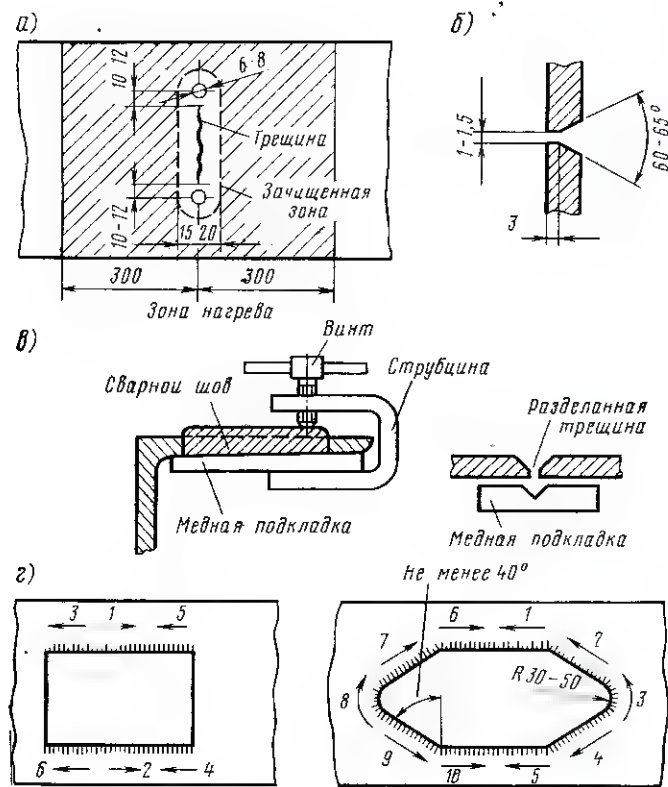


Рис. 55. Технологические приемы заварки трещин и установки усиливающих накладок:

а и б — разделка трещины; в — крепление медной прокладки в зоне заварки; г — последовательность наварки накладки

тельного осмотра мест в зоне концентрации напряжений или известных по опыту мест разрушений. При дефектовке также отмечаются значительно поврежденные коррозией места, участки, имеющие механический износ и требующие производства восстановительных работ. Элементы основания кузова, поврежденные коррозией более чем на 15% толщины металла, обязательно заменяют.

Все заменяемые элементы или отдельные секции конструкции кузова должны отвечать требованиям чертежей и технических условий с точным выполнением стыковки профилей. Ступенчатость при стыковке допускается в пределах до 1,5 мм. Заварка трещин ведется с соблюдением всех требований производства сварочных работ. Трещина зачищается до металлического блеска, а у концов ее делается сверловка на расстоянии до 12 мм (рис. 55) от каждого края трещины. Трещина на всем протяжении разделяется под углом 60—65°. Целесообразно перед заваркой зону трещины разогреть до 100—150° С, а электродугу заварку трещины вести

встречным швом. Затем шов зачищают заподлицо с поверхностью и для усиления места заварки, при необходимости, приваривают накладку (рис. 56). Заменяемые элементы каркаса и основания кузова должны быть из того же материала и иметь тот же профиль, что был применен заводом-изготовителем. Применяются различные методы ремонта элементов кузова в зависимости от вида трещин (рис. 57).

При заварке трещин в зоне заклепочных или болтовых соединений заклепки срубаются, а болты вынимаются. Заварка трещин ведется с установкой усиливающих накладок и последующей сверловкой в них отверстий необходимых размеров для восстановления соединения. Для обеспечения прочного заклепочного соединения заклепки перед установкой нагревают.

Правка погнутой элементов кузова ведется в холодном или горячем состоянии. После правки необходима контрольная инстру-

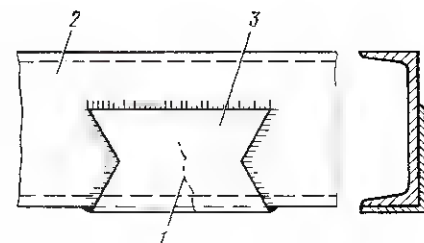


Рис. 56. Способ ремонта рамных элементов каркаса кузова:

1 — трещина; 2 — рама кузова; 3 — усиливающая накладка

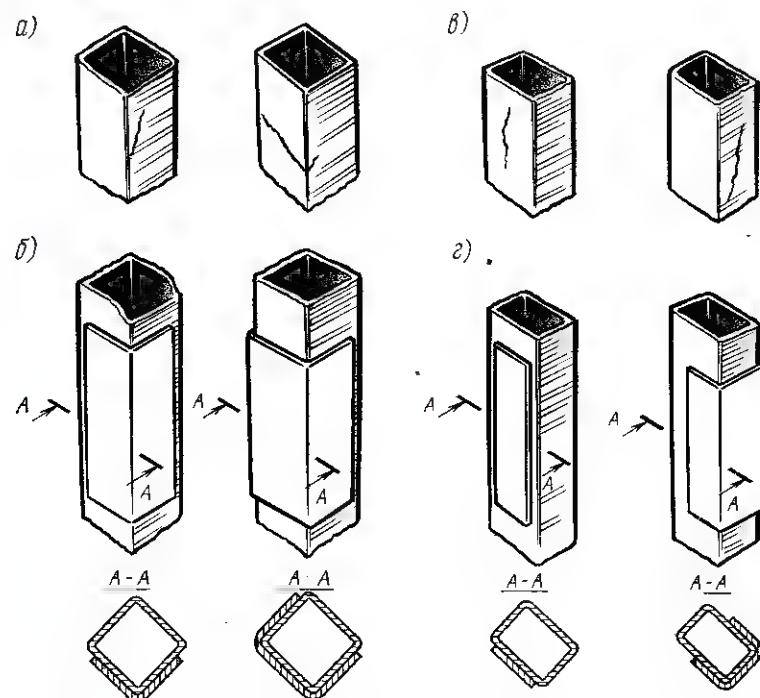


Рис. 57. Трещины трубчатого каркаса кузова (а и б) и способы (б и г) их ремонта

ментальная проверка геометрических размеров. Правка металлических листов обшивки, имеющих вмятины, ведется выколотками либо на правильных приспособлениях или рихтовочных плитах.

Общими требованиями при производстве ремонта кузова являются отсутствие в сварных швах трещин, кратеров, свищей, наплывов и неровностей. Необходимые монтажные отверстия сверлят перпендикулярно плоскости элемента; пробивка и прожог отверстий не допускаются. Особенно тщательно необходимо вести работы в зоне дверных проемов, сопровождая их контролем размеров по диагонали, высоте и ширине проема. Размеры по всей высоте проема не должны отличаться более чем на 4 мм и по ширине более чем на 2 мм.

Наружная обшивка кузова, выполненная из стеклопластиковых материалов, требует особых приемов восстановительных работ с соблюдением всех требований техники безопасности и охраны труда. Поврежденное место необходимо вырезать, придав появившемуся отверстию определенную форму; удалить с краев отверстия краску и зачистить поверхность наждачной бумагой; приготовить достаточное количество слоев сплетеинового стекловолокна по конфигурации и размеру дефектного места обшивки и необходимую для работы клеевую композицию. В состав клеевой композиции входят полиэфирная смола, нафтанат кобальта, гипериз, аэросил и поливинилловый спирт. Связующий состав клеевой композиции состоит из основы, ускорителя и отвердителя; готовится из 100 весовых частей полиэфирной смолы, восьми весовых частей нафтаната кобальта и трех гипериза. В тщательно перемешанный связующий состав добавляется аэросил, поставляемый в виде порошка, для придания композиции требуемой густоты. В рецептурах композиций указываются последовательность и соотношение весовых частей, которые следует строго соблюдать, так как применяемые компоненты токсичны, взрывоопасны и легко воспламеняемы. Отверстие перед операциями восстановления с внутренней стороны обшивки плотно закрывается фанерой, оргалитом или картоном, покрытым подогретым до $t = 80^\circ\text{C}$ водным раствором поливинилового спирта из расчета 120 г на 1 л воды, что исключает прилипание связующего состава к своеобразной опалубке. Нанося поочередно слой связующего состава и стекловолокна, достигают покрытия необходимой толщины. Последним слоем является стеклоткань, размер которой должен быть достаточен для перекрытия поврежденного места и краев отверстия. После естественной сушки, продолжительность которой составляет от нескольких часов до одних суток в зависимости от толщины восстановленного стеклопластикового покрытия, поверхность, восстановленную рекомендуемым методом, шлифуют абразивом или шкуркой для придания поверхности необходимой чистоты и затем окрашивают в необходимый цвет.

После ремонта основания кузова и каркаса производится антикоррозийная окраска, а затем, после установки наружной обшив-

ки, на ее внутреннюю сторону наносится специальная противоржавляющая мастика.

Заключительной операцией ремонта кузова является защитная и декоративная окраска, которая ведется в специальном малярном помещении.

41. РЕМОНТ ОСНОВНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К основному механическому оборудованию троллейбуса и трамвая относятся, кроме кузова, ходовые части с рессорными и тормозными устройствами и рулевое управление троллейбуса. Ходовые части трамвая содержат тележки, где размещаются колесные пары с буксами и кардано-редукторные передачи. В ходовые части троллейбуса входят ведущий и ведомый мосты и карданная передача. Для ремонта ходовые части троллейбуса снимают с него и направляют на специализированные участки ремонта ТРМ или ТРЗ. В эксплуатационном депо также имеются специализированные участки по ремонту ходовых частей, куда для ремонта направляются отдельные узлы, если мосты не демонтируются с троллейбуса, либо мосты и другие звенья ходовых частей в сборе, если они демонтируются с троллейбуса.

В эксплуатационном депо, как правило, ведущий мост с троллейбуса не снимается, а снимаются только ступицы и те узлы, которые требуют ремонта или замены (главный и бортовые редукторы, рессоры, гидро- и пневмоэлементы подвески и др.). Для снятия тормозных барабанов со ступиц ведущего моста троллейбуса ЗИУ применяется специальная передвижная установка (рис. 58) с ручным нагнетанием жидкости в гидроцилиндр. Упорная пятая выжимного штока гидроцилиндра вместе с захватами может вертикально перемещаться винтовым валом со специальным направляющим для соосной установки съемника с ведущим мостом. Установив захваты на торец тормозного барабана и сделав несколько колебательных движений рукояткой насоса подачи жидкости в гидроцилиндр, тормозной барабан спрессовывают с места посадки и затем легко снимают на тележку для транспортировки на участок ремонта.

Разборку ходовых частей ведут после их очистки от грязи и установки на специальных приспособлениях, обеспечивающих прочную фиксацию, удобный доступ к демонтируемым узлам и деталям, безопасное ведение работ, возможность использования механизированного и специализированного инструмента и оснастки. Использование приспособлений, а также специальной оснастки и инструмента при разборке повышает производительность труда и обеспечивает сохранность деталей (сборка после ремонта ведется на этих же или аналогичных приспособлениях). После разборки ходовых частей все детали и узлы поступают на мойку и дефектировку. Демонтированные с мостов колеса направляются в шиномонтажное отделение для ревизии или замены, демонтированные рессоры — в кузнечно-рессорное отделение для ревизии и переборки.

Выявленные в процессе дефектировки деталей и узлов неисправности, разрушения, поломки устраняются соответствующими способами восстановления либо заменяются на новые.

Тщательному контролю состояния и геометрических размеров подвергается балка ведомого моста, так как деформация ее отдельных частей и отступления в размерах, превышающих допустимые, отражаются на углах установки управляемых колес. Правильная установка управляемых колес обеспечивает легкость управления, стабилизацию колес, снижение удельного сопротивления движению и нормальный износ шин.

Ремонт ступиц ведомого моста и поворотных кулаков заключается в проверке состояния посадочных мест под наружные обоймы подшипников, тормозных барабанов и сальников, в контроле состояния резьбовых отверстий, выявлении трещин и отколов. Восстановление изношенных поверхностей ведется одним из способов наплавки или металлизации с последующей обработкой до номинальных размеров. Бронзовые втулки, имеющие выработку, заменяют на новые. При ремонте поворотных рычагов контролируется износ конусных шеек под посадку в поворотные кулаки и конусных отверстий под посадку шаровых пальцев, а также состояние резьбы под гайку крепления поворотных рычагов. К сборке допускаются поворотные рычаги, если шаблон с номинальными размерами выходит из конуса рычага не более чем на 1 мм и под шаровые паль-

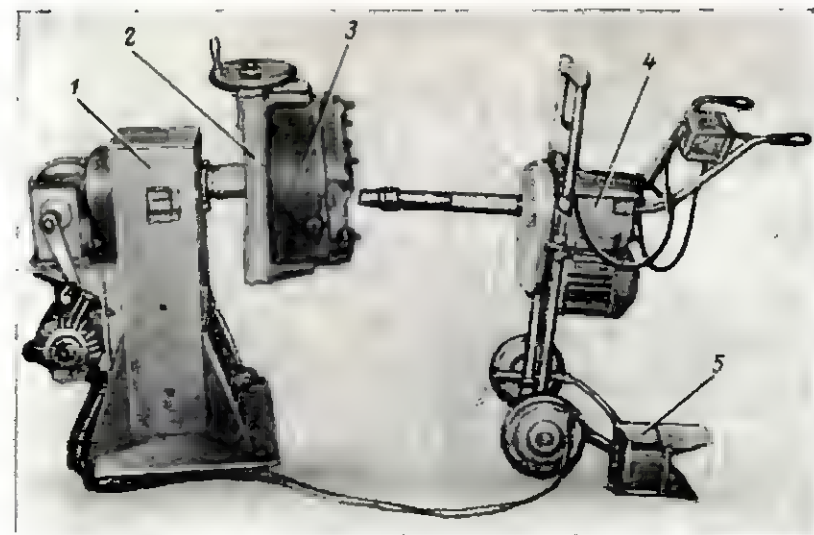


Рис. 59. Пост ремонта ступиц троллейбуса:

1 — электромеханический манипулятор; 2 — зажимное устройство; 3 — ступица; 4 — электронерционный гайковерт; 5 — ножная педаль включения манипулятора

цы — не более 2 мм. При наличии трещин, деформаций, поврежденный рычаг заменяют на новый. При износе шкворня поворотного кулака восстанавливают его с последующей шлифовкой до номинальных размеров. Допускается перешлифовка шкворня под ремонтный размер: в этом случае требуется установка втулок, развернутых под этот размер.

Тормозные барабаны проверяются на эллипсность, отсутствие трещин и состояние поверхности прилегания накладок тормозных колодок к поверхности барабана при торможении. Эллипсность и неравномерный износ поверхности прилегания устраняются точкой. Максимальный допустимый размер диаметра барабана установлен техническими условиями на ремонт из соображений сохранения его необходимой надежности.

Ремонт ступиц и тормозных барабанов ведущего моста аналогичен ремонту ведомого. Ремонт ступиц троллейбуса выполняется на специальных постах (рис. 59). При разборке ведущего моста и особенно моста производства Венгерской народной республики (ВНР), имеющего главную передачу и планетарную колесную передачу, необходимо широко пользоваться специальными съемниками (рис. 60), инструментом, приспособлениями, особенно при демонтаже подшипниковых узлов. Износ зубьев шестерен редукторов проверяется зубомером. Полуоси и шестерни, имеющие дефекты, заменяют на новые.

При разборке сателлитов необходимо делать метки на отверстиях водила и сателлитах во избежание их смещения в процессе

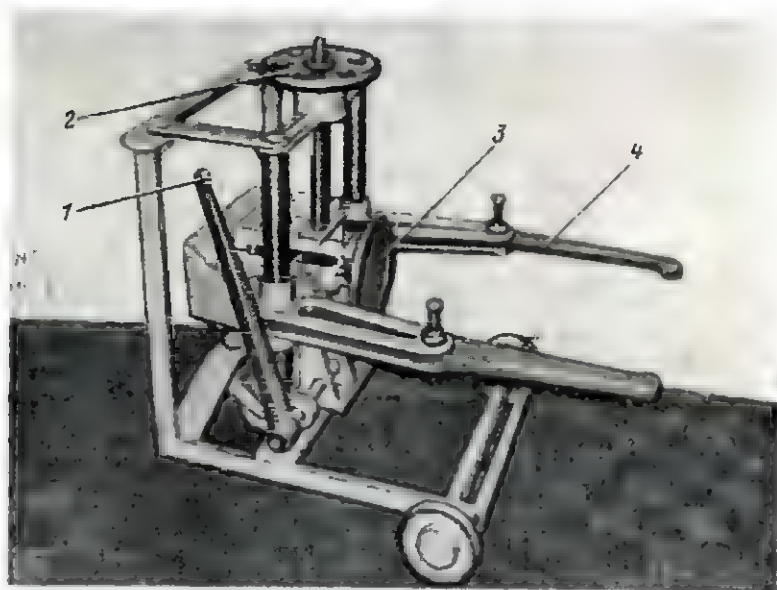


Рис. 58. Съемник тормозных барабанов троллейбуса:

1 — рукоятка ручной подкачки гидропривода съемника; 2 — штурвал для вертикальных перемещений съемного устройства; 3 — упорная пятя съемника; 4 — захваты тормозного барабана

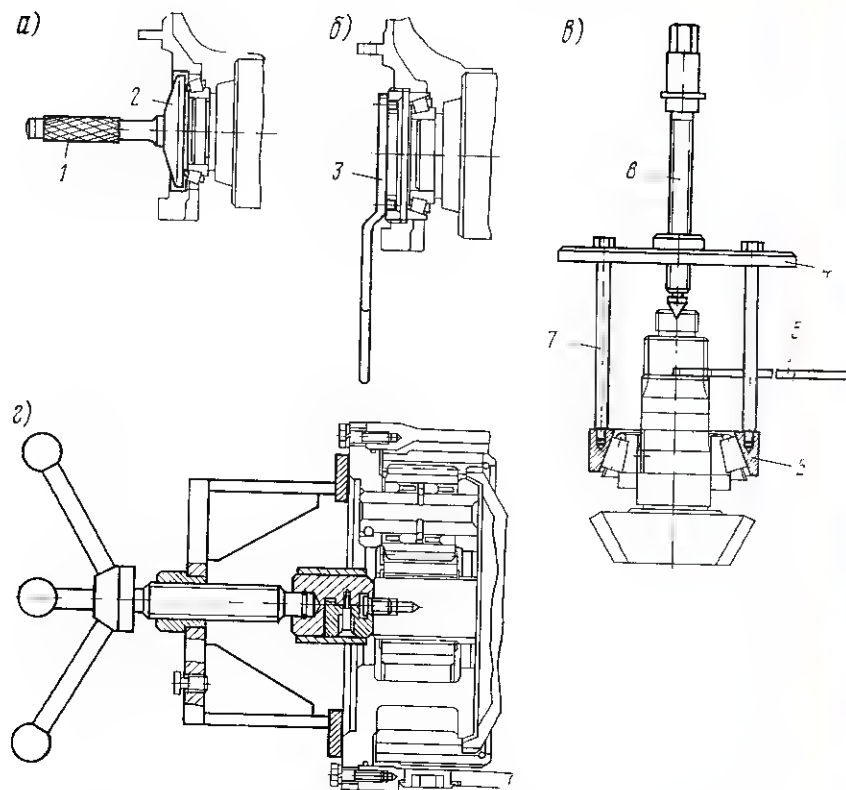


Рис. 60. Некоторые съемники и приспособления для сборки и разборки узлов ведущего моста троллейбуса ЗИУ-9 для запрессовки внутренней обоймы конических подшипников (а), монтаж резьбовых стопорных колец (б), демонтаж внутренней обоймы конического подшипника с ведущей конической шестерни (в), съемник для полуосей (г):

1 — бородок; 2 — диск; 3 — радиусный ключ; 4 — диск упорный; 5 — съемник; 6 — съемный винт; 7 — болты соединительные; 8 — винт упорный

сборки. При износе роликов подшипника их можно заменить, но необходимо учитывать, что на ведущем мосту модели 0,18.81 производства ВНР по допускам ролики разбиты на три группы. Группа А имеет размер $12 \begin{smallmatrix} +0,001 \\ -0,002 \end{smallmatrix}$ мм, группа В — $12 \begin{smallmatrix} +0,001 \\ -0,002 \end{smallmatrix}$ мм, группа С — $12 \begin{smallmatrix} +0,001 \\ -0,001 \end{smallmatrix}$ мм.

При сборке можно использовать любую группу, но все ролики одного сателлита должны быть из одной группы. При сборке главной передачи конические шестерни должны быть предварительно прикатаны на специальных стендах, поэтому поставляются они для установки парами.

Контролю и при необходимости восстановлению подлежат фиксирующие отверстия под головки центровых болтов рессор. Износ их в эксплуатации вызовет непараллельность осей мостов (пе-

рекос), что отразится на управляемости троллейбуса, износе шин и нарушениях в регулировке тормозов. Резино-технические изделия (сальники, уплотнения) обычно заменяют на новые. Контроль состояния и, в первую очередь, износа деталей при дефектировке их перед ремонтом ведется контрольно-измерительными приборами и приспособлениями: шаблонами, калибрами, пробками и др.

При сборке ведущего моста необходимо вести пооперационный контроль зазоров в сопряжениях и регулировку с использованием индикаторов и щупов.

При ремонте механизмов рулевого управления троллейбуса необходимо особенно тщательно выполнять все технические требования, так как эти механизмы непосредственно влияют на безопасность движения. Разборка рулевого механизма производится на специальном приспособлении, обеспечивающем горизонтальное расположение вала сектора руля. Все детали рулевого механизма после разборки и мойки дефектируются. Детали, имеющие видимые признаки износа, волосные трещины усталости и другие дефекты восстановлению не подлежат и заменяются на новые. Замена ведется комплектом, так как заводы-изготовители эту группу деталей подбирают попарно (винт, гайка — рейка, шарик). При сборке необходимо обращать внимание на метки, имеющиеся на деталях. Метка на торце шлицевого вала сектора должна быть при сборке совмещена с меткой на сошке руля.

Правильные сборка и регулировка должны обеспечить плавность вращения, отсутствие заеданий, отсутствие люфтов, полный угол поворота сошки руля одинаковый в обе стороны. Свободный ход винта должен соответствовать техническим требованиям, причем по мере отклонения сошки от среднего положения к любому крайнему свободный ход должен возрастать. Рулевые механизмы современных троллейбусов работают с пневмо- или гидроусилением, что скрывает разного рода нарушения в правильной регулировке механизма, из-за чего дефекты сборки и регулировки при контрольных проверках на стенде или при обкатке троллейбуса после ремонта могут быть не обнаружены. Поэтому при сборке рулевого механизма необходимо особенно тщательно соблюдать все технические требования.

Рулевое управление содержит продольные и поперечные рулевые тяги. Состояние рулевых тяг и их наконечников подвергается тщательному контролю на отсутствие трещин, надломов, погнуто-сти, дефектов резьбы, износа шаровых пальцев и вкладышей. При выявлении дефектов детали заменяются на новые.

Передача вращающего момента от тягового двигателя к главной передаче ведущего моста осуществляется с помощью карданного вала. Основными дефектами и неисправностями карданных передач троллейбуса являются погнуто-сть и трещины трубы кардана, износ шлиц, игольчатых подшипников и крестовин. Разборка карданных валов ведется на специальных столах с зажимами для крепления карданной трубы. Карданная передача является ответственным узлом ходовых частей и поэтому технические условия на

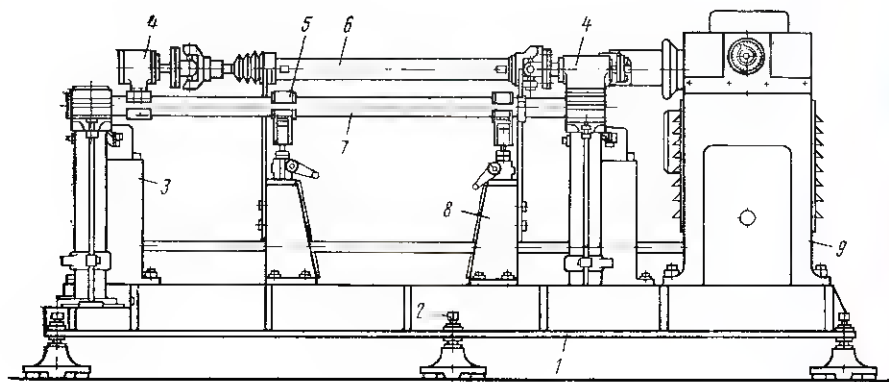


Рис. 61. Станок для динамической балансировки карданных валов:

1 — плита, установленная на опорных подушках; 2 — винты для выверки установки плиты; 3 — стойка, на которой установлена катушка датчика; 4 — передняя и задняя бабки станка; 5 — хомут крепления; 6 — балансируемый карданный вал; 7 — вал станка, воспринимающий поперечные колебания и передающий их катушке датчика, которая преобразует механические колебания в электрические; 8 — стойки; 9 — привод станка

ремонт, допуск на износ деталей и параметры балансировки очень жесткие.

При наличии дефектов трубы и игольчатых подшипников со следами износа труба карданной передачи заменяется. Восстановление других деталей передачи, имеющих износ в пределах, допустимых техническими условиями, производят наплавкой, хромированием и металлизацией с последующей механической обработкой до номинального размера.

Собранную после ремонта карданную передачу устанавливают в центры для выявления биения, определяемого с помощью индикатора. Индикатор устанавливается так, чтобы его игла находилась в вертикальном положении. Устранение имеющегося эксцентриситета ведется перестановкой регулировочных прокладок из-под крышек игольчатых подшипников. Биение трубы и шлицевой вилки по индикатору не должно превышать 0,9 мм, а радиальный люфт в шлицевом соединении не должен быть более 0,05 мм. Все узлы карданной передачи, прошедшие ремонт в заводских условиях, должны проходить балансировку на специальных стендах (рис. 61), так как вибрация карданной передачи на эксплуатируемом подвижном составе вызывает разрушение подшипников вала якоря тягового двигателя и главной передачи ведущего моста, обрыв болтов крепления кардана и дополнительную вибрацию кузова.

Подвеска троллейбуса, конструктивно связывающая основание кузова с ведущим и ведомым мостами, предназначена для смягчения ударов и толчков, гашения колебаний, возникающих при проезде неровностей дороги, а также обеспечивает плавность хода и передачу тяговых и тормозных усилий на кузов троллейбуса. В состав подвески входят рессоры, упругие пневматические элемен-

ты и гасители колебаний, т. е. подвеска является пневморессорной.

Ремонт полуэллиптических рессор заключается в их переборке с заменой листов, имеющих износ по толщине более 1,5 мм или трещины и коррозионные повреждения более 10% толщины листа. Отдельные листы рессор с меньшей, чем необходимо, кривизной, обусловленной накопленными остаточными деформациями, рихтуют либо отжигают для придания в последующем листу необходимой кривизны. После отжига лист подвергается термообработке. Перед сборкой поверхность листов рессор должна быть покрыта графитовой смазкой для снижения трения между листами рессоры во время ее работы. При установке рессор на троллейбус они должны быть подобраны по жесткости, т. е. при одинаковой нагрузке должны иметь одинаковую стрелу прогиба.

Особое внимание при ремонте подвески требуется уделять резино-кордовой оболочке упругого элемента подвески. Хотя при проколах оболочки ее можно ремонтировать способом вулканизации, но предпочтительнее заменять, проверив перед сборкой техническое состояние новой оболочки. Для этого достаточно оболочку смонтировать в специальном приспособлении и подать сжатый воздух, а по манометру или при погружении в водяную ванну определить отсутствие утечки воздуха из пневмоэлемента подвески.

В соответствии с технологическим процессом ремонта все узлы и агрегаты, прошедшие ремонт в специализированных цехах или участках, подвергают контрольным испытаниям и после проверки подают на участок сборки подвижного состава, где их работоспособность подтверждается обкаткой на маршруте.

После установки узлов и агрегатов ходовых частей на троллейбус выполняют регулировку сходимости колес ведомого моста, которая зависит от значения угла развала колес и угла наклона шкворней. Так как эти углы различны у каждого ведомого моста, то угол схождения колес для каждого троллейбуса можно правильно выбрать, только пользуясь специальными контрольно-диагностическими стендами. Определение сходимости колес специальной раздвижной линейкой по разности расстояний между диаметрально противоположными торцами тормозных барабанов является сугубо ориентировочным и требует корректировки в процессе эксплуатации. Корректировка ведется по признакам износа шин и легкости управления троллейбусом.

Контроль правильности установки управляемых колес следует производить после устранения люфта в шкворневых соединениях и подшипниках ступиц колес, доведения давления воздуха в шинах до требуемого и проверки прочности крепления колес.

Углами установки колес троллейбуса являются: углы развала колес, поперечного и продольного наклона шкворня, схождение колес и соотношение углов поворота колес на повороте (рис. 62).

На троллейбусе положительными являются угол развала колес α (верхняя часть колеса расположена дальше от середины троллейбуса, чем нижняя), угол поперечного наклона шкворня β (верхний конец шкворня расположен ближе к середине троллейбуса, чем

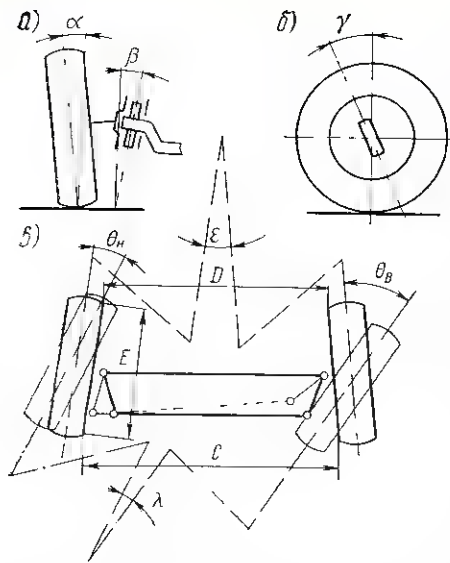


Рис. 62. Углы установки колес троллейбуса:

а — схема развала колес (α) и поперечного наклона шкворня (β); б — продольный наклон шкворня (γ); в — схождение передних колес

Углы развала, схождения и соотношения углов поворота колес оказывают существенное влияние на интенсивность износа шин, а углы поперечного и продольного наклона шкворней — на стабилизацию колес.

Ходовые части трамвая (колесные пары, осевые подшипниковые узлы, тележки или буксовые лапы кузова и тормозные устройства) для ремонта отсоединяются от кузова и направляются на специализированные участки ремонтных работ. Двухосные поворотные тележки мостовой конструкции трамвайного вагона являются объединенным агрегатом ходовых частей; после ремонта они подкатываются под вагон в собранном виде.

Ремонт тележек трамвайных вагонов состоит из выкатки их из под вагона трамвая и транспортировки для ремонта в тележечный цех; разборки тележек и направления тяговых двигателей, колесных пар, тормозного оборудования и рессорного подвешивания для ревизии и ремонта на специализированные участки; ремонта элементов рамы; сборки тележек из отремонтированных агрегатов и узлов.

Все демонтированные узлы на ремонтных участках разбирают и подвергают дефектировке. Детали, требующие ремонта, восстанавливают одним из изложенных способов и подвергают механической обработке с доведением до нужных чертежных форм и геометрических размеров. Трещины заваривают, а сопряженные по-

нижний, рис. 62, а) и угол продольного наклона шкворня γ (верхний конец шкворня наклонен в сторону ведущего моста троллейбуса, рис. 62, б).

Схождение колес представляет разность расстояний С и D, замеренных в горизонтальной плоскости, проходящей через центры обоих колес при их нейтральном положении (рис. 62, в); оно положительно, если расстояние между колесами меньше спереди, чем сзади, а точка пересечения горизонтальных диаметров расположена перед передней осью.

Для управляемости троллейбуса важно также соотношение углов λ и ε поворота колес (θ_н — наружного и θ_в — внутреннего), образующихся при повороте (см. рис. 62, в). Оно определяется при повороте одного из колес на угол, близкий к максимальному.

верхности, имеющие износ, восстанавливают. Цилиндрические втулки пружины проверяют на усталость по высоте пружин; при необходимости их разводят до необходимых размеров с последующей термической обработкой. После восстановления и ремонта узлы и агрегаты тележек поступают на сборочный участок для сборки, прикатки и контрольно-диагностической проверки тележек, регулировки тормозного оборудования и рессорного подвешивания.

При сборке тележки контролируют параллельность колесных пар и их перпендикулярное расположение к продольной оси вагона. В процессе ремонта тележек необходимо следить за сохранением соседности колесных пар, которая достигается строгим соответствием деталей и узлов тележки чертежным размерам. Очень важным в этом смысле является селективный подбор деталей тележки, что искусственно обеспечивает уменьшение разброса допуска. Средняя арифметическая величина расстояния, замеренного между внутренними гранями бандажей колесных пар одной тележки с поворотом колесной пары на 180°, не должна превышать 0,8 мм (размер б, рис. 63). При сборке тщательно контролируют чертежные размеры расположения середины продольной балки относительно направляющих кронштейнов люльки и кронштейнов крепления моторных поперечников.

Соседность колес контролируется специальными линейками. Измерения ведутся с обеих сторон тележки. Перед измерениями на проверочной плите контролируется правильность показаний линейки. За базовую поверхность принимают обработанные торцы обода моноблока или бандажи колес. Линейки 1 и 2 (см. рис. 63) одним концом опираются на торцы разных колесных пар одной стороны тележки. На другом конце одной из линеек расположена поперечная миллиметровая шкала, а вторая линейка имеет заостренное окончание. При нормальной соседности колес острие одной линейки совпадает с нулевым делением миллиметровой шкалы другой. Отклонение размера а (см. рис. 63) допускается в пределах ±2 мм.

После проверки рамы тележки на соседность приступают к монтажу центрального подвешивания, тягового двигателя и другого оборудования.

Ремонт колесных пар требует особого внимания — это ответственные узлы, обеспечивающие безопасность движения; они рабо-

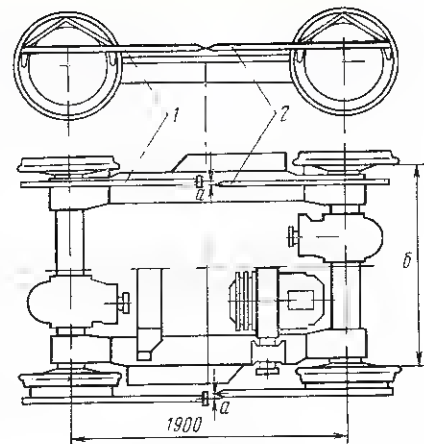


Рис. 63. Контроль соседности колес тележки трамвайного вагона:

1, 2 — специальные линейки

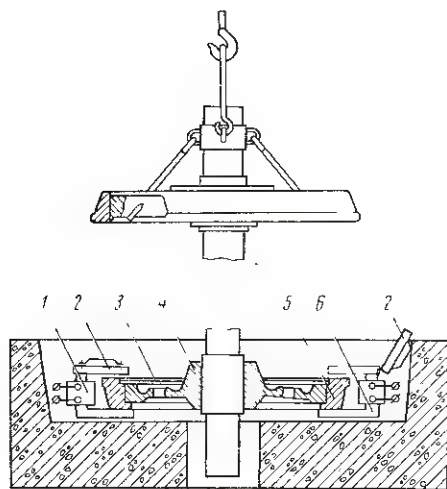


Рис. 64. Индукционный электрогорн для разогрева бандажей колес:

1 — катушка магнитопровода; 2 — откидная часть магнитопровода; 3 — стопорное кольцо; 4 — колесный центр; 5 — бандаж; 6 — электромагниты

тают в условиях непрерывного сухого трения. Дефектами и неисправностями колесных пар являются: износ бандажей, ползуны («лыски») на поверхности качения колес, ослабление посадки бандажей и колесного центра, а также трещины бандажей и колесного центра, возникающие из-за неправильно выбранного натяга, задиры и износ посадочных мест под подшипники, износ отверстий для крепления резиновых амортизаторов, старение и потеря упругости, резиновых амортизаторов, и дефекты шунтов. Износ элементов колесных пар оказывает влияние на вписывание тележек в кривые рельсового пути, вызывает дополнительные колебания трамвайного вагона, увеличивает нагрузку на тяговую пе-

редачу, способствует интенсивному износу рельсового пути. Все это отражается на безопасности движения. Поэтому при всех видах ремонта и технического обслуживания контроль технического состояния колесных пар обязателен, равно как обязательно устранение выявленных дефектов. В зависимости от вида ремонта контроль состояния колесных пар ведется или внешним осмотром с использованием инструментов и приспособлений или методом дефектоскопии.

Признаками возникновения дефектов колесных пар, определяемыми внешним осмотром, служит нарушение целостности окрасочного покрытия между осью и ступицей колеса или несовпадение контрольных рисок на колесном центре и бандаже, что свидетельствует соответственно об ослаблении посадок колесного центра или бандажа.

Колесные пары подвергаются ремонту без переформирования при проточке бандажа, при смене только бандажей или при смене одного из колесных центров; в заводском ремонте производится полное переформирование колесных пар.

При местном повреждении бандажа или локальном его износе в пределах допусков производится электродуговая наплавка с последующей механической обработкой. Во время наплавки необходимо следить за тем, чтобы от местного перегрева не пострадала упругость резинометаллических вкладышей. При достижении предельного износа, обнаружении трещины или ослабления посадки бандажа на колесный центр необходимо сменить бандаж. Для правильной

посадки бандажа на колесный центр его подбирают по допуску на посадку, нагревают до 300—320° С с тем, чтобы колесный центр без дополнительных усилий вошел в бандаж, а остывший бандаж с необходимым натягом зафиксировался на колесном центре.

Практическое применение для нагрева бандажей получили электрогорны, использующие индукционный метод разогрева (рис. 64).

Ослабление посадки колесного центра, трещины в нем или сдвиг на оси колесной пары требуют его распрессовки; последующую напрессовку с необходимой величиной посадки колесного центра производят в соответствии с техническими требованиями. При формировании колесных пар используются мощные прессы, обеспечивающие распрессовку и напрессовку деталей колесной пары. Прессы обычно оборудованы самопишущими приборами, фиксирующими усилие напрессовки, что позволяет контролировать параметры посадки.

Повсеместное внедрение на трамвайных вагонах подрезиненных колес значительно повысило комфорт для пассажиров и надежность эксплуатации трамвайных вагонов. Устойчивая и долговечная работа подрезиненного колеса во многом зависит от правильного выбора величины осевой силы при сборке колеса и правильной сборки комплекта резинометаллических вкладышей.

Величина осевой силы при сборке колеса рекомендуется заводом-изготовителем с учетом температуры окружающей среды в эксплуатации и стабильности упругости резины вкладышей. Наблюдения за проявляющимися неисправностями подрезиненных колес могут служить основой для корректировок осевых сил при сборке колеса с учетом местных условий.

Особые требования предъявляются к сборке комплекта резинометаллических вкладышей: их толщина должна быть одинакова, одинаковой должна быть и твердость резины; не желательно, чтобы разброс этих значений от среднего превышал 2%; после статических испытаний резины не должно наблюдаться остаточных деформаций.

Сборка и разборка подрезиненных колесных пар ведутся на гидравлических или электромеханических стендах. Сборку ведут либо напрессовкой на ось основной ступицы, предварительно собранной в блок с подрезиненными колесами, либо сначала основную ступицу напрессовывают на ось колесной пары, а затем производят сборку колесных блоков.

Во всех случаях соприкасающиеся поверхности деталей колесных пар должны быть очищены от коррозии, грязи, краски до металлического блеска, а поверхность нажимных дисков и вкладышей — обезжирена.

Ремонту двухступенчатых и одноступенчатых тяговых редукторов предшествует промывка их веретенным маслом, осуществляемая на специальных стендах (рис. 65). После демонтажа редуктора производят очистку и контроль состояния подшипников и деталей передачи. Изношенные и поврежденные детали заменяют новыми либо восстанавливают одним из принятых способов.

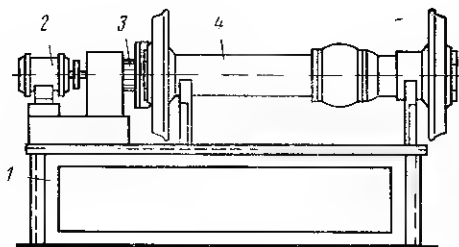


Рис. 65. Монтажный стенд для разборки и сборки тяговых редукторов трамвая с предварительной промывкой редуктора маслом:

1 — станнина; 2 — электропривод станда; 3 — передаточное устройство; 4 — разбираемый редуктор колесной пары

После сборки редуктор проходит обкатку и испытание. Контроль качества сборки ведется по установившейся температуре нагрева масла в редукторе, которая не должна превышать температуры окружающей среды более чем на 70°C .

Ремонт деталей механических тормозов трамвайного вагона выполняется обычными способами восстановления после их разборки, очистки и сортировки. Замена изношенных накладок тормозных колодок барабанного тормоза производится во всех случаях, если их толщина менее 5 мм. Срубку заклепок крепления накладок и кленку их на колодки выполняют с помощью специальных приспособлений. Все остальные детали барабанного тормоза восстанавливаются до чертежных либо ремонтных размеров.

При ремонте электромагнитного рельсового тормоза изношенные контактные колодки заменяют новыми. Резинометаллические элементы контролируют, дефектные заменяют. Пружины вертикальной и горизонтальной подвесок подвергают контрольному осмотру с целью отбраковки при отклонениях от технических требований. По окончании ремонта рельсовый тормоз испытывают на стенде. При испытании тормоз должен притянуть специальную плиту станда, которая преодолевает силу сопротивления комплекта пружин в 50 кН (5000 кгс). Токпроводящие элементы электромагнитного рельсового тормоза ремонтируют и испытывают способами и методами ремонта, восстановления и испытания электрического оборудования подвижного состава.

Необходимо особое внимание уделять контролю крепления резиновых амортизаторов, которое должно вестись на прессе тарированным ключом. Резиновые амортизаторы должны быть подобранными по твердости. После напрессовки колеса на ось проводится проверка на бие, которое допускается в пределах 0,8 мм в осевом направлении и не более 1,0 мм — в радиальном.

Расстояние между внутренними торцами бандажей на колесной паре должно быть в пределах эксплуатируемой рельсовой колеи

При сборке контролируют качество зацепления по пятну контакта; боковые зазоры измеряют щупом и регулируют прокладками. Уплотнения, не обеспечивающие удержание смазки, заменяют. Разуконплектование пар зацепления не допускается, так как они перед установкой прикатываются. Контролируется переходное сопротивление между бандажом и центром, которое не должно быть выше 0,15 Ом, что достаточно для защиты подшипников оси колесной пары от электрокоррозии.

± 2 мм. Посадка внутренних колец подшипников на шейку оси колесной пары ведется с их разогревом в масляной ванне до температуры $100-120^{\circ}\text{C}$, что обеспечивает правильную посадку и исключает задиры шеек при монтаже.

42. РЕМОНТ ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специфические условия работы электрооборудования ГЭТ, связанные с режимом эксплуатации подвижного состава, характеризуются многократным включением и выключением электрических цепей, значительным колебанием напряжения в контактной сети, широкими пределами изменения тока, потребляемого тяговыми двигателями, значительным нагревом электрооборудования. Электрооборудование троллейбуса и трамвая работает в условиях вибрации и тряски, подвержено воздействию суточного и сезонного изменения температуры окружающей среды; кроме того, конструктивное расположение основных агрегатов под кузовом подвижного состава не исключает возможности попадания на них влаги, снега, грязи и пыли. Сложные специфические условия работы электрооборудования подвижного состава требуют повышенной их надежности и высокого качества технического обслуживания и ремонта.

Электрическое оборудование троллейбуса и трамвая, в зависимости от назначения, в основном имеет аналогичные узлы, несколько отличающиеся конструктивно, но функционирующие в одинаковых условиях; поэтому при эксплуатации в нем возникают однотипные неисправности. По характеру и способу устранения неисправностей их можно разделить на специфические группы. Способы ремонта и восстановления узлов и агрегатов электрического оборудования универсальны и отличаются только деталями, учитывающими специфические функциональные особенности того или иного узла. Неисправности, связанные с поломкой, трещинами, износом, коррозионным повреждением и т. д., устраняют заменой на новые детали либо восстановлением одним из известных способов. Различные неисправности, связанные со старением изоляции, нарушением ее целостности, утратой изоляционных и защитных свойств, целостности токопроводящих цепей, изменением омического сопротивления и др., устраняют одним из способов восстановления либо заменой на новые.

Объем технического обслуживания электрического оборудования подвижного состава и его ремонта предусмотрен характеристиками вида ремонта и зависит от времени эксплуатации (пробега).

Тяговый двигатель является самой дорогостоящей и трудоемкой при ремонте частью электрического оборудования подвижного состава. В процессе эксплуатации происходят: механический износ коллектора, подшипников, щеткодержателей, посадочных мест под подшипники вала якоря; старение изоляции и защитных покрытий; насыщение изоляции влагой, грязью и пылью.

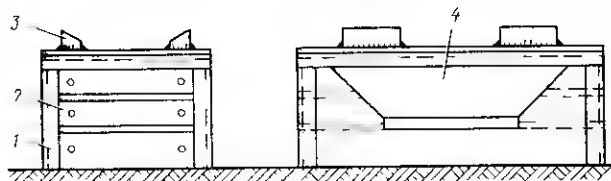


Рис. 66. Тумбочка-верстак для ремонта тяговых двигателей.

1 — станина; 2 — полочки для запасных частей, инструмента, материала; 3 — упоры; 4 — емкость для сбора грязи и отходов

Для ремонта тяговый двигатель снимают с подвижного состава и направляют на участок ремонта двигателей. Предварительно двигатель очищают от грязи и пыли в отведенном для этих целей месте и устанавливают на специальную тумбочку (рис. 66), обеспечивающую необходимые удобства при разборке. Разборка ведется с помощью различных съемников и приспособлений. Коллектор якоря при разборке, для защиты от механических повреждений, обертывают пленкой бумаги или текстильной лентой. После завершения разборки резьбовых соединений, доступных к демонтажу наружных элементов и других подготовительных операций, тяговый двигатель устанавливают вертикально коллектором вниз для удобства выемки якоря из корпуса с помощью электротельфера. Извлеченный из корпуса якорь с необходимыми предосторожностями укладывают на седлообразные опоры и продолжают дальнейший демонтаж остальных частей корпуса и якоря.

После разборки дополнительно очищают все части двигателя от грязи и пыли, а якорь и корпус продувают сжатым воздухом в специальных продувочных камерах (рис. 67). В этих камерах очищают вентиляционные каналы якоря и корпус двигателя от скопления пыли (особенно в местах крепления полюсов).

Корпус двигателя и подшипниковые щиты тщательно осматривают и при необходимости ликвидируют выявленные дефекты. Трещины заваривают, изношенные резьбовые отверстия восстанавливают. Неисправные шпильки или болты крепления сердечников главных и дополнительных полюсов заменяют. При неисправности резьбы сердечника главного полюса ее перерезают на следующий ремонтный

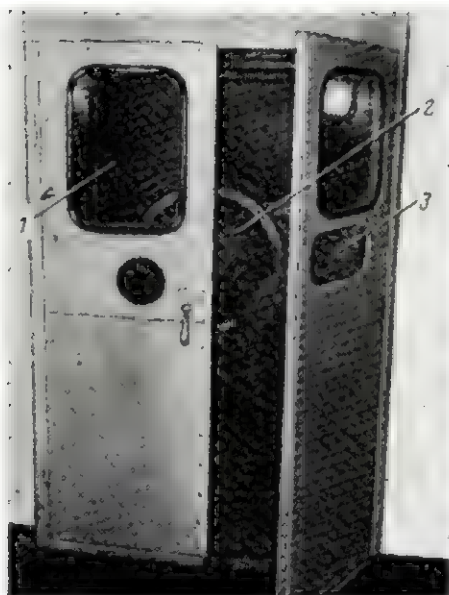


Рис. 67. Продувочная камера:

1 — смотровые окна; 2 — продуваемый корпус двигателя; 3 — створки камеры с рукавами для направления струи воздуха

размер и устанавливают ступенчатую шпильку. Резьбу сердечника дополнительных полюсов восстанавливают заваркой с последующей сверловкой и нарезкой резьбы. Внутренние поверхности корпуса, подшипниковых щитов и коллекторных крышек окрашивают электрокраской ГФ-92-ХС.

Все демонтированные элементы и узлы тягового двигателя осматривают и в зависимости от их назначения подвергают инструментальному контролю или электрическим испытаниям. Вал якоря тягового двигателя, имеющий повреждения, которые могут быть устранены (износ посадочных мест под подшипники, повреждения резьбы на конце вала), ремонтируется. При значительных механических повреждениях коллектора, не поддающихся ликвидации проточкой, или дефектах межламельной изоляции и изоляции коллектора от вала якоря, коллектор снимают для переборки. Поврежденные ламели и изоляционные элементы заменяют.

Если при проверке установлено, что изоляция обмотки якоря находится в пределах, допустимых техническими условиями, якорь подвергают сушке с последующей пропиткой изоляции. Изоляцию обмотки якоря проверяют мегомметром, а наличие межвитковых замыканий устанавливают переносным электромагнитом, который питается переменным током. В замкнутых витках обмотки, находящихся в магнитном поле, возникает э. д. с., что указывает на наличие межвиткового замыкания.

В таких случаях концы секции обмотки якоря отпаивают от коллектора и, убедившись в исправности коллектора (отсутствии нарушений изоляции между ламелями), приступают к восстановлению изоляции поврежденных секций. При капитальном ремонте тягового двигателя производят полную перемотку обмотки якоря, для чего необходимо извлечь все секции из пазов, снять с секций изоляцию и обмотать их новым изоляционным материалом.

Распайку коллектора во избежание резкого изменения физико-механических свойств коллекторных пластин следует выполнять без перегрева ламелей.

После укладки готовых секций в лапы якоря концы их вплавляют в пазы коллекторных пластин. Пайку ведут мягким припоем марки ПОС-40 или ПОС-61 без использования кислоты, чтобы не нарушать изоляции и не вызывать окисления меди. Естественный износ материала коллектора невелик и обычно не превышает при нормальных условиях 0,2—0,3 мм, а для кадмиевой меди 0,1—0,2 мм в год.

В эксплуатационных предприятиях ремонт коллектора в основном сводится к его проточке и шлифовке, необходимость которых может быть вызвана неравномерным износом пластин под щетками, выпучиванием отдельных пластин, местным прогаром из-за коммутационных нарушений и волнообразным износом коллектора, что является следствием неравномерной продорожки изоляции между пластинами.

Общая величина проточки коллектора ограничена его предельным наименьшим диаметром, который указан в технических усло-

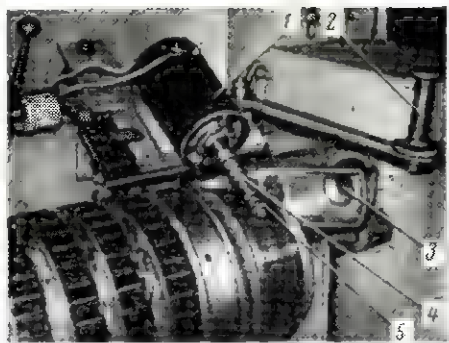


Рис. 68. Установка для продорожки коллектора фрезой:

1 — привод фрезы, 2 — рукоятка подачи; 3 — отсос пыли; 4 — вал для крепления фрезы, 5 — фреза

рожка, выполняемая для углубления изоляционных прокладок между коллекторными пластинами на 0,8—1,0 мм. Продорожка ведется фрезами на специальной установке (рис. 68). Диаметр фрезы 20—25 мм, толщина 0,8 мм.

При капитальном ремонте якоря коллектор может быть заменен на новый; допускается частичная замена коллекторных пластин, но для этого надо подобрать комплект пластин с соответствующими геометрическими размерами.

Состояние рабочей поверхности коллектора оказывает значительное влияние на коммутацию. Только биение коллектора величиной свыше 0,06 мм может привести к появлению искрения под щетками. При плохом состоянии поверхности коллектора и использовании щеток несоответствующей марки искрение может резко увеличиться, что вызовет подгар ламелей коллектора, интенсивный износ ламелей и щеток. Рабочая поверхность коллектора, покрытая слоем политуры (шлифом) темно-коричневого цвета, является признаком нормальной коммутации.

В результате ремонта якорь может занять неуравновешенное положение (так называемый дисбаланс якоря), что вызовет в эксплуатации его вибрацию, разрушение подшипников и другие дефекты. Поэтому после ремонта необходимо выполнять статическую и динамическую балансировку якоря.

Катушки главных и дополнительных полюсов перед демонтажом проверяют на межвитковое замыкание, а также замеряют сопротивление их изоляции, чтобы определить, не произошло ли ее нарушения и пробоя на корпус. Межвитковое замыкание определяют замером омического сопротивления катушек. Измерения можно вести любым прибором требуемого класса точности. Если омическое сопротивление катушек ниже паспортных данных на тяговый двигатель, что указывает на наличие межвиткового замыкания, то необходимо разъединить межкатушечные соединения и отдельным

внях. Базой для установки якоря на проточку должны быть посадочные места вала под подшипники, чем будет достигнуто повышенное качество работ.

Замена коллектора сложная, дорогостоящая и трудоемкая операция, поэтому проточка его выполняется только при крайней необходимости. Во всех остальных случаях можно ограничиться шлифовкой поверхности коллектора мелкой стеклянной шкуркой № 10, 11, 12.

Заключительная операция ремонта коллектора — продорожка,

замером сопротивления каждой катушки полюса выявить дефектную. Неисправную катушку заменяют.

Поиск короткозамкнутых витков в обмотках электродвигателей, катушках контакторов, реле, электромагнитных приводов тормозных систем подвижного состава можно производить с помощью прибора, схема которого показана на рис. 69. Для этого необходимо подсоединить обмотку испытываемого электрического оборудования к зажимам 1 и 2. Затем включить выключатель питания прибора ВК и нажать кнопку К. При межвитковом замыкании в обмотке через миллиамперметр потечет ток, стрелка миллиамперметра отклонится; если обмотка не повреждена, стрелка миллиамперметра будет стоять на месте.

При обнаружении расслоения изоляции катушек, местных прогаров, хрупкости изоляции, наступившей от перегрева или пересыхания изоляционного покрытия, поверхностную изоляцию следует заменить.

Наружным осмотром проверяют состояние изоляции кабелей межкатушечных соединений и надежность подсоединений к зажимам. Выводные кабели заменяют, если повреждена их изоляция или имеются признаки старения изоляции и нарушения спайки проводов. При замене выводных кабелей необходимо частично вскрыть изоляцию катушек в местах припайки выводов, отделить заменяемый выводной кабель, припаять серебряным припоем ПСр 45 или ПСр-65 новый выводной кабель и восстановить изоляцию катушек в местах припайки выводов.

Неисправные катушки демонтируют вместе с полюсами, затем спрессовывают с полюсов и заменяют на новые или отремонтированные.

Катушки, не требующие восстановления изоляции, пропитывают изоляционным лаком или компаундируют.

Пропитка обмотки в лаках с относительно малым содержанием сухого остатка не обеспечивает необходимого заполнения всех внутренних пустот обмотки. Поэтому в случае применения обмотки с кремнийорганической изоляцией пропитка выполнена эпоксидной смолой с отвердителем в условиях глубокого вакуума с последующим повышением давления, что позволяет создать моноблоки, состоящие из катушек, соединенных с сердечниками эпоксидными связующими. Надежность конструкции от этого возрастает, так как исключаются вибрация катушки и непосредственный контакт ее с

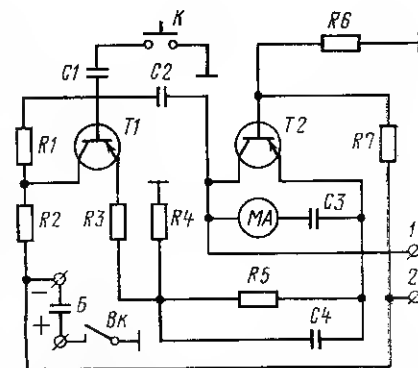


Рис. 69. Схема прибора для обнаружения короткозамкнутых витков:

R1, R7 — резисторы; C1, C4 — конденсаторы; Б — батарея аккумуляторов; ВК — выключатель; T1, T2 — транзисторы; МА — миллиамперметр; К — кнопка включения; 1, 2 — клеммы для подключения катушек

остовом. Обмотка якоря при кремнийорганической изоляции более надежна, что снижает потребность в профилактической пропитке во время эксплуатации, а связь обмотки с металлом якоря настолько возрастает, что нет необходимости ее удерживать клиньями и проволоочным бандажом. Для страховки на таких катушках применяют стеклобандаж; возникновение неисправностей из-за разрушения самого бандаж практически исключено.

Перемещение щетки в гнезде щеткодержателя и наличие электрической цепи между стенкой щеткодержателя и щеткой вызывает износ поверхности гнезда щеткодержателя. Это в свою очередь может нарушать свободные радиальные перемещения нажимного устройства и нормальную его работу. Механическая прочность деталей щеткодержателей, надежность электрических контактов обеспечиваются техническим состоянием деталей и узлов щеткодержателей.

Кронштейны щеткодержателей тщательно осматривают, изношенные места в кронштейнах и обоймы щеткодержателей восстанавливают. Шпильки с неисправной резьбой, неплотно сидящие и поврежденные пальцы, шунты, пружины и другие неисправные детали заменяют на исправные.

У отремонтированных кронштейнов замеряют сопротивление изоляции, подвергают их испытаниям на пробой и только при удовлетворительных результатах направляют на сборку двигателя.

Сборку двигателя ведут в порядке, обратном его разборке. Правильность соединения катушек контролируют, ориентируясь на полярность полюсов. Специальным щупом проверяют зазор между якорем и полюсами, который должен соответствовать техническим требованиям, равно как и зазор между щеткой и обоймой щеткодержателя.

Техническое обслуживание и ремонт высоковольтных и низковольтных вспомогательных электрических двигателей не имеют принципиальных отличий и выполняются в соответствии с технологическим процессом.

Для проверки качества ремонта, правильности сборки и соответствия параметров тягового двигателя и вспомогательных машин техническим требованиям выполняют контрольные испытания на стендах, схемы и конструктивные исполнения которых различны.

Рассмотрим, например, стенд (рис. 70), позволяющий контролировать качество ремонта вспомогательных двигателей ДК-659, ДК-661 и мотор-компрессора ЭК-4. На стенде проверяют коммутацию, качество сборки механических узлов, потребление тока двигателем.

Для того чтобы произвести испытание, двигатель *М* необходимо заземлить, закрепив зажим с проводом заземления к приливу корпуса, и подсоединить провода двигателя к штыревым зажимам. Затем штангой включают рубильник постоянного тока *В1* и *В2*, при этом срабатывает контактор *Р1* и его контакты готовят цепь управления к работе. После включения автоматических выключателей *В3* и *В4* загорается сигнальная лампа *Л1*. Для испы-

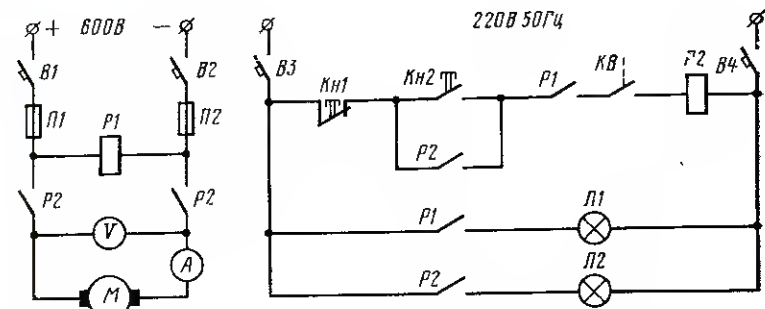


Рис. 70. Схема стенда для испытания вспомогательных двигателей

тания двигателя необходимо нажать кнопку *Кн2* («Пуск»), при этом напряжение будет подано на обмотку магнитного пускателя *Р2* и его контакты включат двигатель и загорится сигнальная лампа *Л2*. Если двигатель исправен, происходит его пуск и он начинает работать. После испытания двигателя нажать кнопку «Стоп» *Кн1*.

Электромагнитные контакторы и реле, обеспечивающие коммутацию силовых цепей и защиту электрооборудования для удобства монтажа, обслуживания и ремонта, как правило, группируют на панелях. Контактные замыкающие и размыкающие цепи под нагрузкой приводятся в действие электромагнитным приводом.

Защиту двигателей, приборов и элементов электрической цепи от нарушения режимов функционирования в процессе эксплуатации осуществляют аппараты защиты и реле различного назначения, которые также, как правило, имеют электромагнитный привод.

Очень часто в электрических аппаратах требуется заменить контакты. Медь является наиболее дешевым и поэтому наиболее распространенным материалом, из которого изготавливают контакты. Однако образующаяся со временем на ее поверхности окисная пленка препятствует прохождению электрического тока. Снижение переходного сопротивления в этом случае достигается притиранием контактных элементов во время соприкосновения. Контакты из кадмиевой меди имеют примерно в 1,5 раза большую износостойкость по сравнению с контактами из чистой меди. Электрическая износостойкость серебряных контактов сравнительно низка вследствие явно выраженной эрозии материала положительного контакта, особенно активно проявляющейся при включении контактов. Металлокерамические контакты имеют тугоплавкий металлический осто и легкоплавкий наполнитель, обладающий высокой проводимостью. Расплавленные под воздействием электрической дуги капли легкоплавкого металла удерживаются в структурной решетке тугоплавкого металла. Металлокерамические контакты обладают высокой износостойкостью, стойкостью к воздействию электрической дуги и небольшим переходным сопротивлением.

В процессе профилактического обслуживания и ремонта всякое техническое воздействие должно обеспечивать сохранение заданной конструктивной формы контакта, а при восстановлении и геометрических размеров (рис. 71 и 72).

Контакты с износом выше 1 мм к эксплуатации не допускаются. Металлокерамические контакты заменяют лишь при полном износе металлокерамической накладки.

Техническое обслуживание контакторов и реле заключается в поддержании их в исправном состоянии путем контроля и обеспечения надежного крепления, требуемых состояния и действий подвижных элементов, отсутствия заеданий и выработок, целостности шунтов и пружин. Для этого их регулярно очищают от копоти и нагаров, утратившие надежность элементы заменяют, выполняют регулировку раствора, провала и контактного нажатия, контролируют сопротивление изоляции контакторных панелей по отношению к кузову.

При ремонте контакторные панели демонтируют с подвижного состава и направляют на специализированные участки ремонта электрических аппаратов и оборудования. Струей сжатого воздуха панель очищают от грязи и пыли, после чего ее полностью разбирают на отдельные аппараты и элементы.

Детали контакторов и реле подвергаются контролю для последующей замены негодных либо для ремонта тех деталей, работоспособность которых может быть восстановлена известными способами. Крепежные и фиксирующие детали, имеющие нарушения резьбы, шлиц, головок, заменяют на новые.

Катушки контакторов и реле должны иметь плотную посадку на каркасах, а каркасы на сердечниках. При повреждениях карка-

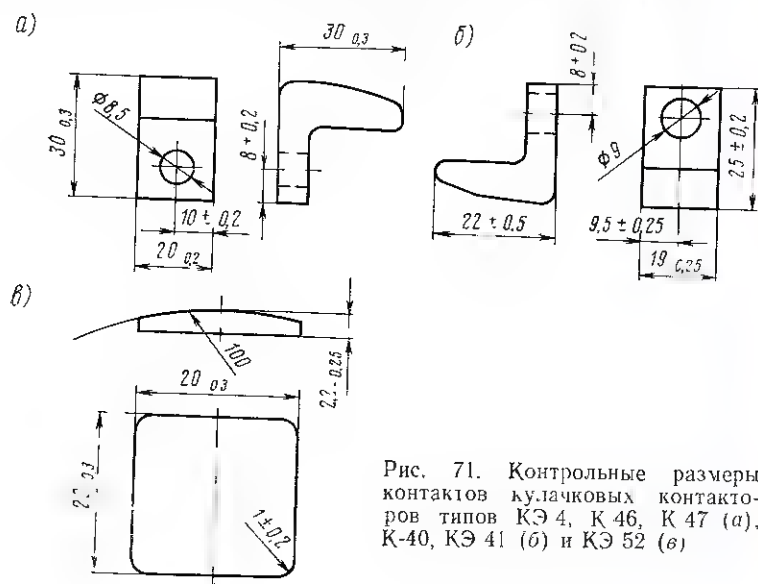


Рис. 71. Контрольные размеры контактов кулачковых контакторов типов КЭ 4, К 46, К 47 (а), К-40, КЭ 41 (б) и КЭ 52 (в)

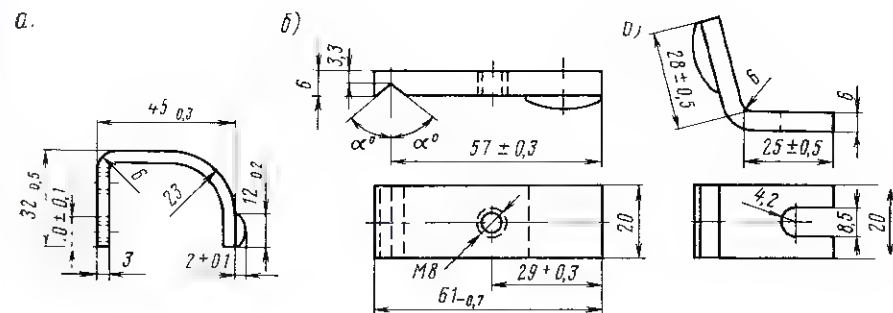


Рис. 72. Контрольные размеры подвижных и неподвижных контактов контакторов типов КЭД-110 (а), КЭД-111, КПП-121 (б) и КЭД-113, КПП-113, КЭДЗ-113 (в)

са или ослаблении посадки катушки заменяют. Сами катушки проверяют на отсутствие межвиткового замыкания путем замера их омического сопротивления, которое не должно отклоняться от номинальных параметров более чем на 5%.

При повреждениях наружной изоляции катушек, наличии шероховатостей и следов смазки на ней изоляцию заменяют. Катушки с исправной изоляцией пропитывают изоляционным лаком, катушки с восстановленной изоляцией подвергают двукратной пропитке. Дугогасительные катушки при видимых нарушениях изоляции заменяют, при отсутствии нарушений их пропитывают или покрывают лаком в зависимости от конструктивного исполнения катушек.

Механические элементы контакторов и реле тщательно проверяют, чтобы убедиться в отсутствии трещин, износа и отколов изоляционных стоек, планок и при необходимости заменяют или ремонтируют.

Снятые с аппаратов пружины проверяют на упругость. При отклонении параметров, характеризующих пружины, от паспортных данных более чем на 5% пружины заменяют. Все остальные детали аппаратов контролируют на их соответствие техническим требованиям. Негодные для восстановления детали заменяют.

При сборке необходимо следить за тем, чтобы подвижная система контактных элементов свободно перемещалась в шарнирных соединениях, а крепление контактов к держателям было надежным. При правильной установке блокировочных контактов (во включенном и выключенном положениях) траверса блокировки должна иметь свободный ход в направлении оси не менее 1 мм. Касание силовых контактов должно быть линейным и достигать не менее 80% ширины контакта как в начальный момент касания, так и при включенном контакте. Смещение подвижного контакта относительно неподвижного допускается не более чем на 2 мм.

Зазор между неподвижными и подвижными деталями и стенками дугогасительной камеры устанавливается не менее 1,5 мм. Контактторы и реле должны четко работать, без каких-либо заеданий.

В процессе регулировки контролируют раствор, провал и нажатие контактов. Затем на специальных стендах выполняют регулировку реле по току или по напряжению на срабатывание в зависимости от назначения реле. При регулировке реле следует руководствоваться правилами, изложенными в рекомендациях завода-изготовителя.

Групповые аппараты (контроллеры управления, реостатные контроллеры) обеспечивают регламентированное, в определенной последовательности, включение и отключение электрических аппаратов силовой цепи или цепи управления, либо элементов электрической схемы. Техническое обслуживание заключается в очистке их от грязи и пыли, а также контроле крепления и состояния изоляции, надежности пайки и исправности наконечников, состояния контактных элементов и пружин, проверке перемещения подвижных элементов и отсутствия износа в сопряжениях. Выявленные дефекты устраняются. Затем проверяют последовательность замыкания кулачковых элементов в соответствии с таблицей включений, правильно развертки реостатного контроллера, возвращение его в исходное положение.

При ремонте групповые аппараты снимают с подвижного состава и направляют на специальные участки. Ремонт, после очистки от грязи и пыли, ведется на приспособлениях, обеспечивающих удобство выполнения работ. Групповые аппараты разбирают, детали проходят контроль, при котором устанавливается необходимость их замены или ремонта. После восстановления все элементы групповых аппаратов должны иметь чертежные размеры и форму. В собранном состоянии отдельные узлы групповых аппаратов должны по всем параметрам соответствовать техническим требованиям. В подвижных узлах не допустимы износ и завышенный люфт. Положение узлов на всех позициях рабочего состояния должно четко фиксироваться.

После сборки групповых аппаратов производят регулировку включения и выключения контактных элементов в соответствии с диаграммой включения и проверяют диэлектрическую прочность изоляции токоведущих частей.

Электромагнитный рельсовый тормоз, радиоизотопное реле (РРТ) и ускоритель трамвайных вагонов производства ЧССР требуют повышенного внимания при ремонте и техническом обслуживании.

Техническое обслуживание и ремонт токопроводящих элементов электромагнитного рельсового тормоза сводятся к обеспечению надежного контакта между токопроводящими кабелями (расположены в металлических гибких шлангах) и розеткой обмотки электромагнита рельсового тормоза (герметически закрыт металлической коробкой). Это обеспечивает создание необходимого магнитного поля для притяжения к рельсу накладок тормозного устройства.

На участках ремонта электрического оборудования у электромагнитов рельсовых тормозов, снятых с трамвая, проверяют гер-

метичность защиты катушек, сопротивление изоляции и исправность штепсельных контактов. При снижении сопротивления изоляции по сравнению с паспортными данными катушки сушат. Если сопротивление изоляции после этого не восстанавливается, то катушки заменяют. Замена катушек, замена или восстановление других деталей башмака ведутся с полной или частичной разборкой башмака. После замены поврежденных деталей электромагниты собирают и перед их установкой на трамвайный вагон испытывают.

Радиоизотопное транспортное реле устанавливается на трамвайных вагонах для автоматического торможения на опасном участке пути при скорости, превышающей допустимую по безопасности движения. Реле состоит из отдельных блоков, расположенных на трамвайном вагоне: радиоизотопного датчика, датчика скорости, радиоэлектронного блока, блока сигнализации, преобразователя полярности напряжения. Техническое обслуживание и ремонт сводятся к периодическому контролю срабатывания любого блока на поступающий импульс, замене блока при отказе в работе и поддержании в исправном состоянии элементов электрических цепей.

Ускорители трамвайных вагонов производства ЧССР представляют собой видоизмененный реостатный контроллер, совмещенный с пускотормозным реостатом. К наиболее часто встречающимся неисправностям ускорителя относятся механический износ его элементов, подгары контактных элементов, ослабление резьбовых соединений, нарушение изоляции и т. д.

В процессе технического обслуживания и ремонта выполняются работы по очистке от грязи и пыли элементов ускорителя, восстановлению или замене деталей, подвергшихся механическому и электроэрозионному износу, замене изоляционных элементов конструкции, поддержанию элементов ускорителя в работоспособном состоянии.

Недопустимы трещины в элементах реостатов, их коробление и замыкание друг с другом. Пружины, прижимающие ролики к контактным пальцам, должны иметь требуемые параметры, а ролики отвечать техническим требованиям и своевременно включаться в работу. Крепление зажимов, состояние низковольтных контактов и их притирание, износ контактов и их нажатие, зазоры между пальцами, между пальцами и сегментами контролируют для выявления неисправностей.

Для разборки ускоритель устанавливают на специальное приспособление, обеспечивающее удобство работ. После разборки осуществляют контроль его узлов и деталей. Пружины должны обеспечивать нажатие на ролики 30 ± 2 кгс. Комплект пальцев ускорителя подбирают с одинаковой высотой контактов, сегменты внутреннего цилиндра не должны иметь выработок, влияющих на время и продолжительность включения при развертке.

Изношенные детали редуктора ускорителя обычно заменяют новыми. Червячная пара редуктора перед установкой на ускоритель должна пройти прикатку.



Рис. 73. Пример оттисков при проверке касания пальцев

Изношенные или поврежденные сегменты токосъемного кольца во время ремонта снимают и заменяют. Для устранения неравномерного износа допускается проточка сегментов, установивших на токосъемном кольце.

Проверяют все остальные детали. Выявленные в деталях неисправности устраняют. Сборку ускорителя выполняют из деталей новых и восстановленных до чертежных размеров.

Ремонт заканчивается испытанием ускорителя на стенде. Силовая часть ускорителя испытывается током 90 А в течение 15 мин в одном положении и 15 мин в перевернутом. Разогретый ускоритель подвергается обтяжке; после этого испытывается изоляция высоковольтных элементов по отношению к остову на пробой напряжением 2500 В, напряжением 1000 В по отношению к низковольтным элементам и напряжением 100 В низковольтных элементов по отношению к остову.

Затем проверяют правильность развертки, легкость, плавность и бесшумность хода ускорителя.

После ремонта ускоритель необходимо отрегулировать — обеспечить требуемое усилие прижатия пальца к сегменту токосъемного кольца и изоляционного ролика к пальцу, а также необходимый зазор между соседними пальцами, между сегментом и свободным пальцем. Площадь касания пальца с сегментом должна составлять не менее 75% контактной поверхности пальца.

Проверку соответствия техническим требованиям площади контактного пятна на пальце выполняют, прокатывая вручную траверсу с роликом по пальцам, предварительно проложив полоску копировальной бумаги, накрытой полоской белой бумаги между пальцами и сегментами токосъемного кольца. По полученным на белой бумаге оттискам судят о площади касания. Так, по оттискам, приведенным на рис. 73, можно судить, что только 15-й и 21-й пальцы обеспечивают требуемую площадь контакта.

Аккумуляторные батареи подают в цепи подвижного состава ток напряжением 24 и 12 В при неработающем генераторе или в случаях, когда потребляемая мощность превышает допустимую для генератора. На подвижном составе используют преимущественно щелочные аккумуляторные батареи.

Текущий ремонт аккумуляторных батарей заключается в очистке от грязи, а переключателей — от смазки и щелочных солей. После этого проверяется исправность пробок, межэлементных переключателей, зажимов, уплотнителей. Если имеются трещины, вмятины и другие повреждения, стальные кожуха аккумуляторов ремонтируют.

При разборке аккумулятора пробки и переключатели промывают в горячей воде, а неисправные уплотнения выводов заменяют. Смену электролита в аккумуляторах производят в сроки, установленные инструкцией по эксплуатации аккумуляторных батарей; до-

ливку и подрегулировку плотности электролита производят через каждые 5 суток.

При заметном уменьшении емкости аккумулятора или при наличии в электролите осадка, который обнаруживается после взбалтывания электролита, его заменяют. Перед этим аккумулятор разряжают до напряжения 1,1 В, а затем, встряхивая, взбалтывают электролит и выливают. Промывают аккумулятор дистиллированной или подщелоченной водой 3–5 раз и затем немедленно заливают свежий электролит несколько большей плотности, так как электролит разбавится водой, оставшейся в порах активной массы пластин.

Промытые аккумуляторы оставлять без электролита более 15 мин нельзя, так как может произойти коррозия на пластинах. Через 2 ч после смены электролита проверяют его плотность и уровень, доводя их до нормы, и производят зарядку аккумуляторов.

Комплектуют батареи из элементов примерно одинаковой емкости. При снижении емкости в процессе эксплуатации более чем на 20% аккумулятор в батарее заменяют. Емкость аккумулятора восстанавливают, заменяя электролит или проводя три цикла усиленной зарядки разрядки со сменой электролита после второго цикла. Элементы, имеющие предельное напряжение ниже разрядного, подвергают более продолжительной зарядке.

При систематическом недозаряде щелочных аккумуляторов снижается их емкость; постоянный перезаряд уменьшает срок их службы.

Капитальный ремонт щелочных аккумуляторных батарей практически не производят.

Ремонт всего остального оборудования (токоприемников, резисторов, выключателей, предохранителей, автоматов, электрической проводки и т. д.) выполняют в соответствии с технологическим процессом; после ремонта оно должно отвечать техническим требованиям.

43. РЕМОНТ ОСНОВНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Назначение части пневматического и гидравлического оборудования связано с обеспечением безопасности движения, поэтому техническому обслуживанию и ремонту этого оборудования уделяют особое внимание.

Основные неисправности пневматического и гидравлического оборудования проявляются в нарушении герметичности, механическом износе отдельных деталей оборудования, постепенной утрате прочностных характеристик ряда узлов и особенно соединительных звеньев. Все узлы и агрегаты пневматических и гидравлических систем соединены воздухопроводами или гидропроводами, трение которых один о другой и о детали кузова вызывает их повреждение. Поэтому периодически проверяют крепление воздухо- и гидропроводов к неподвижным опорам, исключая их вибрацию и тре-

ние. Очень важно также при контроле давления пользоваться исправными приборами, имеющими клеймо освидетельствования с разрешенным сроком использования.

Ремонт основного пневматического и гидравлического оборудования выполняется на специализированных участках после снятия этого оборудования с подвижного состава.

Компрессор — основной агрегат пневматической системы. Наиболее часто встречающимися признаками неисправности компрессора являются снижение его производительности и перегрев во время работы, повышенный шум.

Неисправности в основном вызываются износом, сопровождающим эксплуатацию компрессора, или отказом в работе его отдельных деталей. Устраняют их во время ремонта следующим образом. Поврежденную резьбу отверстий восстанавливают способом «дополнительных деталей» или электронаплавкой с последующей механической обработкой. Коробление плоскости прилегания клапанных крышек, возникающее при недостаточно прочном креплении и перегреве компрессора, устраняется механической обработкой. Детали клапанного механизма, имеющие дефекты, заменяют на новые либо на восстановленные до чертежных размеров. Плотность прилегания деталей узла всасывания воздуха из атмосферы и нагнетания в систему проверяют на утечку. Для этого в клапанную коробку наливают керосин и проверяют, не просачивается ли он из под плоскости прилегания деталей узла в рабочем положении.

Износ внутреннего зеркала блока цилиндров обычно неравномерен по поверхности и придает цилиндру конусность, расширяющуюся в сторону клапанной крышки, и овальность (больший диаметр перпендикулярен оси поршневого пальца). Конусность, овальность, риски на зеркале цилиндра — естественные проявления износа, возникающего в процессе эксплуатации. Они приводят к потере производительности и перегреву компрессора. Эти дефекты устраняют механической обработкой под ближайший регламентированный ремонтный размер.

Детали шатунно-поршневой группы после ремонта и сборки должны соответствовать всем техническим требованиям. Поршни, имеющие трещины, забоины, задиры и износ по наружному диаметру более допустимого, подлежат замене. При ремонте могут использоваться поршни с регламентированным ремонтным размером, соответствующим диаметру цилиндров, а также поршневые пальцы ремонтного размера. Шатуны не должны иметь трещин, искривлений; разница в массе шатунов в собранном виде допускается не более 8 г. Шейки коленчатого вала при износе шлифуют под регламентированный ремонтный размер.

Сборку компрессора ведут с пооперационным контролем соответствия норм и допусков, предусмотренных технологическим процессом ремонта. После сборки компрессора и соединения его в блок с двигателем агрегат направляют на испытательную станцию, где на специальном стенде (рис. 74) проверяют, как он работает в режиме холостого хода и в рабочем режиме.

В эксплуатацию передается компрессор, соответствующий техническим требованиям по подаче воздуха, продолжительности подъема давления, температуре нагрева масла, выбросу масла в нагнетательную систему и уровню посторонних шумов (см. рис. 74).

Подача компрессора (л/мин) можно определить по формуле

$$W_k = \pi d^2 l_n n_k i \eta / 4,$$

где d — диаметр поршня, мм; l_n — ход поршня, мм; n_k — частота вращения коленчатого вала компрессора в 1 мин; i — число поршней; η — объемный к. п. д., равный 0,70—0,75.

Остальное пневматическое оборудование ремонтируется с заменой деталей на новые или на восстановленные.

Гидроусилитель троллейбуса ЗИУ-9 состоит из силового цилиндра и распределителя, регулирующего поток жидкости, поступающей из насоса в силовой цилиндр.

При ремонте гидроусилителя основное внимание уделяется распределителю, так как от его надежной работы зависит работоспособность всего гидроусилителя. Небольшой износ поверхности золотника или корпуса гидроусилителя снижает его надежность. Восстанавливать геометрические размеры деталей распределителя сложно и в условиях эксплуатационных предприятий нецелесообразно.

На рабочие поверхности золотника нанесено износостойкое хромовое покрытие, поэтому восстанавливать эти поверхности практически невозможно. Завод-изготовитель установил три стандартизированных ремонтных размера золотника с интервалом 0,2 мм.

Использование золотников, имеющих ремонтные размеры, позволяет в процессе технической эксплуатации обеспечивать необходимую работоспособность гидроусилителя только заменой золотника; в крайнем случае допускается расшлифовка корпуса под ремонтный размер золотника.

Ремонт гидроусилителя может производиться только на специализированном участке ремонта. Мойку деталей выполняют в специальных растворах при 75—90°С или в дизельном топливе. Детали, имеющие выработку, задиры, риски, питтинги и другие дефекты, бракуют и заменяют новыми.

После сборки гидроусилитель испытывают на герметичность и работоспособность.

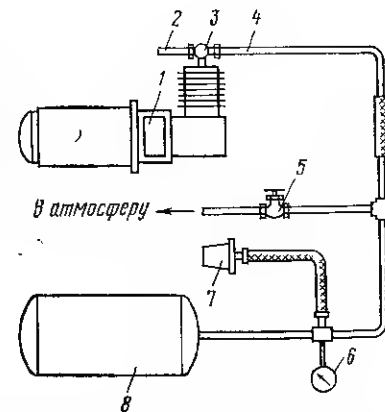


Рис. 74. Пневматическая схема стенда испытания моторкомпрессора:

1 — компрессор; 2 — предохранительный клапан; 3 — обратный клапан; 4 — воздухопровод; 5 — воздушный кран; 6 — манометр; 7 — регулятор давления; 8 — воздушный резервуар

Насос гидроусилителя руля (рис. 75) является ответственной частью агрегата системы гидроусиления рулевого механизма. От его надежной работы во многом зависит безопасность движения. На троллейбусе установлен насос лопастного типа, двойного действия с производительностью около 16,5 л/мин, что соответствует давлению в 65–70 кгс/см². Насос предназначен для работы с гидромаслом «Г». При наибольшей частоте вращения вала насоса производительность его в семь-восемь раз возрастает по сравнению с производительностью на холостом ходу. Однако избыточное давление в этих случаях ограничивается клапаном расхода 10, перепускающим избыточное масло в бачок насоса 12 (см. рис. 75).

Ремонт насоса требует высокой квалификации персонала, специального оборудования и приспособлений для контроля качества сборки отдельных его узлов. Статор 4 (рис. 76), ротор 6 и лопасти 5 насоса собраны в группу и разобщику не подлежат, хотя практически изнашиваются только эти детали и от их состояния зависит работоспособность насоса.

Ремонт насоса сводится к замене изношенных деталей на новые при соблюдении всех требований по сопряжениям и регулировке. Вместе с тем имеется техническая возможность, используемая

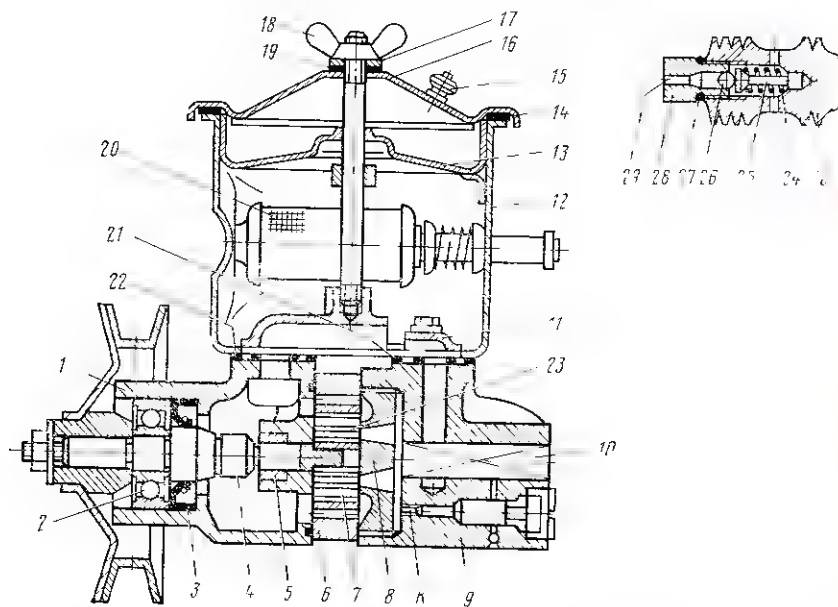


Рис. 75. Насос гидравлического усилителя троллейбуса ЗИУ-9:

1 — корпус насоса; 2 — подшипник передний; 3 — сальник; 4 — вал; 5 — подшипник задний; 6 — статор; 7 — ротор; 8 — диск распределительный; 9 — крышка насоса; 10 — клапан перепускной; 11 — коллектор; 12 — бачок; 13, 20 — фильтры сетчатые; 14 — прокладка; 15 — сапун; 16 — крышка бачка; 17 — шайба; 18 — гайка; 19, 21 — кольца уплотнительные; 22 — прокладка коллектора; 23 — лопасть; 24 — пружина предохранительного клапана; 25 — направляющий стержень пружины; 26 — клапан предохранительный; 27 — прокладка регулировочная; 28 — седло предохранительного клапана; 29 — отверстие для подвода масла к предохранительному клапану

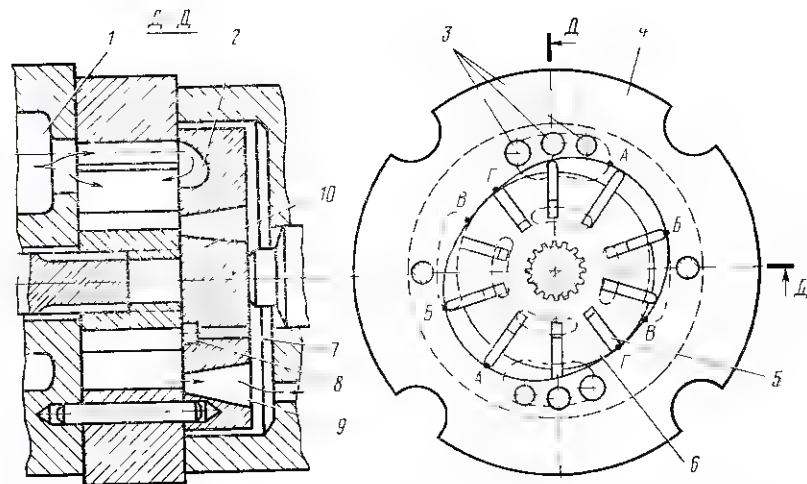


Рис. 76. Схема работы насоса гидроусилителя рулевого управления троллейбуса ЗИУ-9:

1 — окно в торце корпуса насоса; 2 — углубление распределительного диска; 3 — отверстие статора для соединения окон корпуса и углублений распределительного диска; 4 — статор; 5 — лопасть; 6 — ротор; 7 — полость крышки насоса; 8 — окно уменьшения размера в распределительном диске; 9 — окно распределительного диска; 10 — распределительный диск

в ремонтных предприятиях, ремонта рабочих органов насоса. В этих случаях восстановлению подвергают статор и ротор насоса, поверхности которых изнашиваются, а лопасти изготавливают ремонтного размера.

Статор восстанавливается шлифовкой (рис. 77). При этом используется рабочий копир, который может быть изготовлен как по координатной сетке, так и путем использования статора нового насоса. В соответствии с поверхностью этого статора, принятого за эталон, копиру придается требуемая правильная кривизна.

Установив статор 3 (см. рис. 77) на приспособление шлифовального станка, включают станок и подводят вращающийся шлифовальный инструмент. Статор, вращаясь, будет находиться в контакте с шлифовальным инструментом строго в соответствии с пространственным положением контура копира. Таким образом контур восстанавливаемого статора будет соответствовать контуру копира. Восстановленный шлифовкой контур статора получает геометрические размеры, отличающиеся от номинальных, поэтому лопасти ротора должны иметь иный, больший ремонтный размер по высоте.

Восстановление ротора заключается в обеспечении параллельности поверхностей пазов, которые в процессе эксплуатации перемещающимися по ним лопастями изнашиваются и приобретают кривизну. Параллельность поверхностей пазов восстанавливается прорезкой их алмазным диском (рис. 78), поэтому при изготовлении лопастей требуется также увеличивать их толщину. Ротор восстанавливают на приспособление. Ориентиром 3 выставляется паз

стро́го против алмазного круга. Приве́дя во враще́ние алма́зный круг, на него́ пода́ют ротор. Осно́вание па́за ротора́ обы́чно не изна́шивается, изна́шива́ются верх́ние и ниж́ние ко́нцы бо́ковых по́верхностей па́за. Поэто́му алма́зный круг не проре́зает па́з, а то́лько выправля́ет его бо́ковую по́верхность. Алма́зный круг име́ет то́лщину, равную́ восстано́вляемо́му разме́ру па́за.

Лопа́сти вы́руба́ют из ста́ли Р-18, зака́ливают до тве́рдости 65 ед. по Роквеллу и шли́фуют под регла́ментированны́й ремо́нтный разме́р па́за. При восстано́влении ротора́ его диа́метр оста́ется неизме́нным, а разме́ры ста́тора в резу́льтате восстано́вления уве́личива́ются. Поэто́му в слу́чае использо́вания восстано́вленной па́ры ста́тор — ротор не исклю́чены слу́чай заклини́вания лопа́стей при просле́довании ими заборных па́зух ста́тора, е́сли геоме́трические разме́ры ста́тора значите́льно уве́личены. Собра́нная в ко́мплект па́ра совме́стно с лопа́стями шли́фуется для при́дания то́рцовым по́верхностям необхо́димой паралле́льности и чи́стоты.

Наде́жная рабо́та насо́са, проше́дшего ремо́нт с использо́ванием восстано́вленных дета́лей, бу́дет обеспе́чена то́лько, е́сли соблю́дены все требо́вания по соотно́шению разме́ров дета́лей, проше́дших восстано́вление.

Рабо́чая по́верхность ста́тора 4 (см. рис. 76) дол́жна име́ть пра́вильную о́вальную фо́рму, образо́ванную проти́вopóжными участ́-

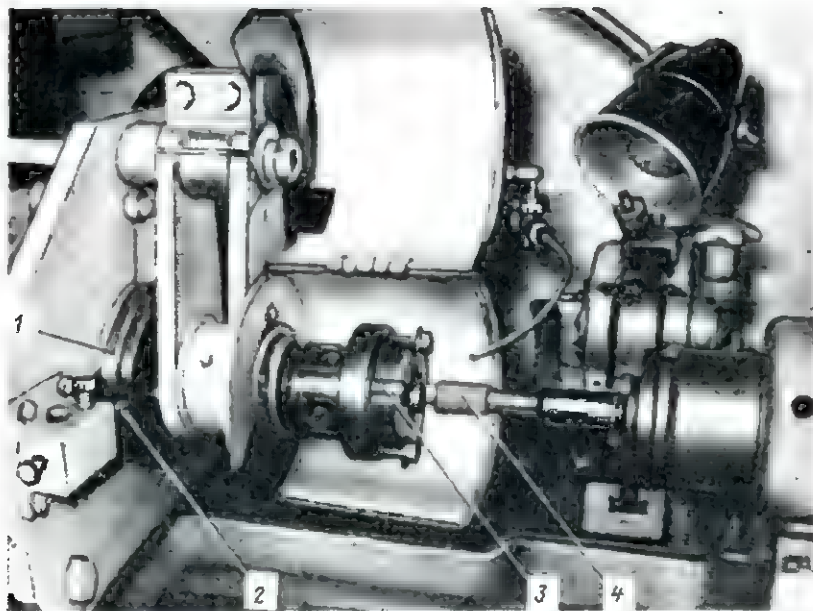


Рис. 77. Приспособление к станку для восстано́вления ко́нтура ста́тора насо́са гидроуси́лителя ру́ля тро́ллейбу́са ЗИУ-9:

1 — датчик ко́пира; 2 — ко́пир; 3 — восстано́вливаемый ста́тор; 4 — шли́фовальный инстру́мент

ками *АВ* (большого радиуса) и *ВГ* (меньшего), которые со́пряжены пере́ходными кривы́ми *БВ* и *ГА*. К вну́тренней по́верхности ста́тора закругле́нная по́верхность лопа́стей при́жимается центробе́жной си́лой, возника́ющей при враще́нии ротора́.

На участ́ках *ГА* при враще́нии ротора́ лопа́сти, дви́гаясь в сво́их па́зах от центра́, при́жимаются к о́вальной по́верхности ста́тора и обеспе́чивают всасы́вание за́счет уве́личения о́бъема каме́ры, образо́ваемого ме́жду кажды́ми дву́мя лопа́стями и то́рцовыми по́верхностями ко́рпуса насо́са 3 и распо́дительно́го диска́ 8 (см. рис. 75). Масло́ к каме́рам поступа́ет че́рез отве́рстия 3 ста́тора (см. рис. 76). На участ́ках *БВ* о́бъем каме́ры у́меньшается всле́дствие дви́жения лопа́стей к центра́ и масло́ вы́жимается че́рез о́кно 9 в распо́дительно́м диске́ в по́лость 7 кры́шки насо́са. За о́дин обо́рот ротора́ происхо́дит два ци́кла всасы́вания и на́гнетания. Си́лы да́вления масла́ на ротор вза́имно уравни́ваются, так как по́лости всасы́вания и на́гнетания распо́ложены дру́г проти́в дру́га. О́кно 8 в распо́дительно́м диске́ 10 со́единя́ет про́странство под лопа́стями в роторе́ с по́лостью в кры́шке насо́са, че́м предо́твраща́ется ска́пливание масла́, что пре́пятствовало́ бы дви́жению лопа́стей.

Уплотне́ние масла́ до $0,70 \text{ кг/см}^2$ дости́гается тем, что все́ детали насо́са име́ют большо́ую то́чность.

Ротор, ста́тор и лопа́сти ко́мплектуются по разме́рным группам, предусма́трива́ющим пре́вышение ши́рины ста́тора над ши́риной ротора́ на $0,013\text{—}0,021 \text{ мм}$ и ши́рины ротора́ над ши́риной лопа́стей на $0,004\text{—}0,008 \text{ мм}$. Непаралле́льность то́рцовых по́верхностей ротора́ и лопа́стей не дол́жна пре́вышать $0,004 \text{ мм}$. Кривизна́ ко́ллектора 11 (см. рис. 75) дол́жна бы́ть не бо́лее $0,16 \text{ мм}$, кото́рая при необхо́димости испра́вляется фре́зеровани́ем, так как произво́дительно́сть насо́са обеспе́чивается то́лько при стро́гом соблю́дении соотно́шения разме́ров дета́лей, что необхо́димо обеспе́чивать при ремо́нте.

Кла́пан 26 дол́жен без пружины́ пла́вно переме́щаться в кана́ле, сма́занном масле́м, под дей́ствием со́бственного ве́са. Е́сли это́ не выпол́няется, то необхо́димо со́пряженные́ детали промы́ть аце́тоном, уда́лить нали́пшие по́сторонние ча́стицы и прите́реть дета́ли, нео́днократно переме́щая их по кана́лу, без использо́вания абразивного́ материа́ла. Кла́пан при изго́товлении подби́рают с зазо́ром $0,013\text{—}0,023 \text{ мм}$, произво́льная заме́на его́ недо́пустима, воз́можна́ то́лько заме́на ко́мплекта́.

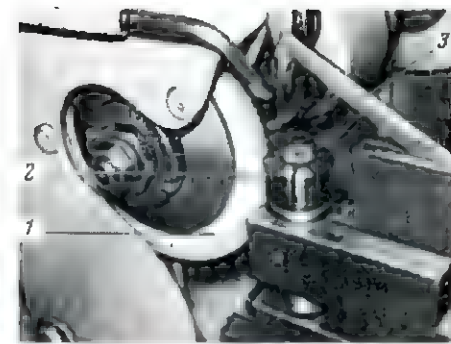


Рис. 78. Приспособление для прорезки па́зов ротора́:

1 — алма́зный круг; 2 — восстано́вливаемый ро́тор; 3 — ори́ентир па́за ротора́

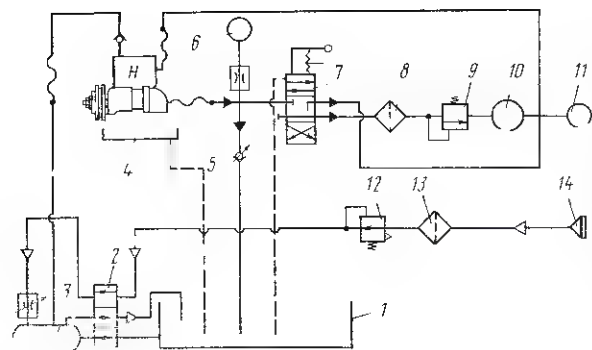


Рис. 79. Принципиальная гидроневматическая схема стенда испытания насоса гидроусилителя руля

1 — бак с маслом; 2 — кран управления подачи порций масла сжатым воздухом; 3 — дозирующий бачок; 4 — поддон (борка масла); 5 — кран слива масла из насоса; 6 — манометр контроля давления масла; 7 — золотник управления; 8 — датчик; 9 — регулируемый дроссель; 10 — счетчик; 11 — термометр; 12 — регулятор давления; 13 — фильтр-влагоотделитель; 14 — ниппель подачи сжатого воздуха

У отремонтированного насоса проверяют производительность и испытывают его в комплекте с гидроусилителем руля на специальном стенде (рис. 79—81).

На стенде, схема которого изображена на рис. 79, можно проводить испытания только насосов гидроусилителя руля. Стенд имеет систему, обеспечивающую подачу порций масла, равных объему бачка испытуемых насосов, которая приводится в действие сжатым воздухом, подаваемым из магистрали через ниппель 14, фильтр-влагоотделитель 13, регулятор давления 12. При перекрытой воздушной магистрали дозирующий бачок 3 через кран 2 сообщен с основным баком 1. Во время работы насоса масло через шланг высокого давления подается в золотник управления 7. Золотник обеспечивает две позиции: счетчик включен, счетчик выключен. В первом случае масло через фильтр 8, регулируемый дроссель 9 и счетчик количества масла 10, попадает по шлангу низкого давления в бачок испытуемого насоса Н. Во втором случае масло поступает в бачок, минуя счетчик. Давление масла контролируется

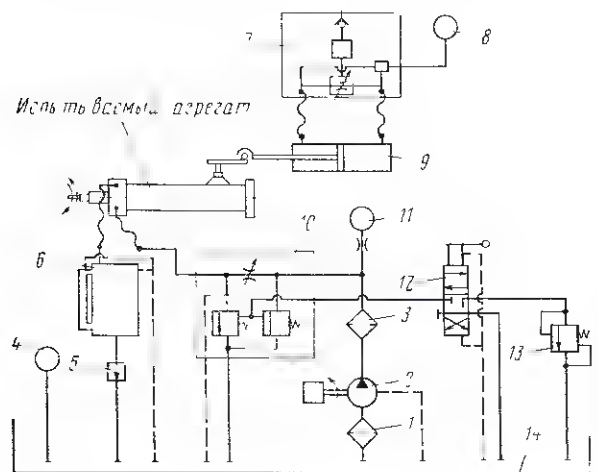


Рис. 80. Принципиальная гидроневматическая схема стенда испытания насоса гидроусилителя руля

1 — фильтр; 2 — эталонный питающий насос; 3 — фильтр; 4 — дистанционный термометр; 5 — пробковый кран; 6 — мерный бак для слива масла из гидроусилителя; 7 — регулируемый дроссель; 8 — манометр; 9 — грузовой цилиндр; 10 — предохранительный клапан; 11 — манометр; 12 — реверсивный золотник; 13 — напорный золотник; 14 — бак стенда

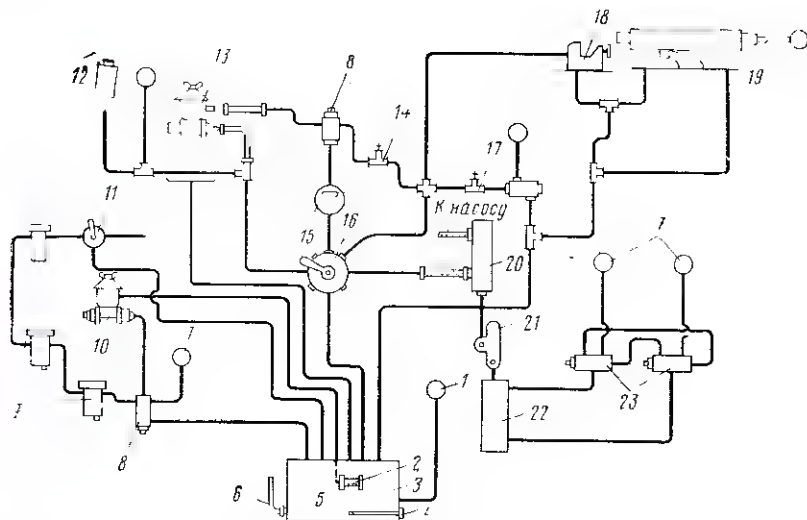


Рис. 81. Принципиальная схема стенда для комплексных испытаний аппаратов гидравлической системы усиления руля

1 — термометр дистанционный; 2 — сетчатый фильтр; 3 — маслобак; 4 — ввод маслоподогревателя; 5 — маслоподогреватель; 6 — трубка; 7 — манометры давления с различными пределами измерений; 8 — предохранительный клапан; 9 — фильтр очистки; 10 — эталонный насос; 11 — кран-смеситель; 12 — демпфер; 13 — испытываемый насос; 14, 16, 17 — краны; 15 — объеммер; 18 — приспособление для крепления испытываемого переключного клапана; 19 — испытываемый гидроусилитель; 20 — эталонный гидроусилитель; 21 — каретка; 22 — цилиндр нагрузки; 23 — редукционный клапан

ется манометром 6, температура — термометром 11, сливается масло через кран 5. Масло из испытуемого насоса собирают в поддон 4. При испытании на таком стенде можно оценить соответствие испытуемого насоса техническим требованиям.

Стенд, схема которого приведена на рис. 80, позволяет производить необходимые испытания гидроусилителя рулевого механизма, обеспечивая необходимую достоверность контрольных испытаний.

Питание гидросистемы осуществляется из бака 14 насосом 2 через фильтр 1 и дроссель с регулятором и предохранительным клапаном 10, который обеспечивает постоянный расход масла и постоянное давление. Напорный золотник 13 отрегулирован на необходимое давление и через реверсивный золотник 12 подключен к магистрали дистанционного управления дросселем. Манометр 11 контролирует давление масла. Масло из гидроусилителя сливается в бак 14 через мерный бак 6 с пробковым краном 5. Цилиндр 9 создаст нагрузку на сошку руля; передача масла из одной полости цилиндра в другую осуществляется через регулируемый дроссель 7. Давление в полостях нагрузочного цилиндра контролируется манометром 8, а температура масла в баке — дистанционным термометром 4.

Комплексный стенд для проверки агрегатов гидросистемы троллейбуса (см. рис. 81) позволяет производить испытание всех аг-

регатов системы. Подогретое до температуры 60° С маслоподогревателем 5 масло из бака 3 через фильтр 2 подается насосом 10 через распределительный кран 16 к испытываемым агрегатам. При испытании сравниваются показатели работы испытываемого агрегата с показателями эталонного.

Регулировка предохранительно-перепускного клапана ведется на стенде. Для этого клапан закрепляется на стенде и к нему подводится под давлением гидромасло. Контролируя показание манометра, регулировочными прокладками 27 (см. рис. 75) устанавливают давление срабатывания предохранительного клапана в 60 кгс/см². При давлении в системе свыше 61 кгс/см² срабатывает перепускной клапан.

44. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СБОРКИ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ

Сборку узлов и агрегатов подвижного состава, как и разборку, можно вести на специализированных универсальных рабочих местах, а также поточным методом. При поточном методе целесообразно весь процесс сборки расчленить на отдельные операции. При этом разница в трудоемкости работ, выполняемых на различных постах, должна быть незначительной. Время, необходимое для выполнения предусмотренных производственных операций на отдельном посту потока, равно или кратно темпу сборки, т. е. отрезку времени, за который с потока сходит собранный узел или агрегат.

Время на сборку узла или агрегата при поточном методе работ

$$T_{сб} = \tau n,$$

где τ — темп сборки, мин; n — число постов, на которых выполняется весь процесс сборки узла или агрегата.

Темп сборки зависит от фонда рабочего времени Φ_p в фиксированный период (год, месяц, смену) и программы работ N по сборке за этот период

$$\tau = \Phi_p 60 / N.$$

Бесперебойная работа потока при сборке обеспечивается наличием деталей новых и восстановленных и необходимым количеством рабочих на постах сборки. Поточный метод сборки предполагает обезличку не только собираемых узлов и агрегатов, но и деталей.

Селективно и попарно подобранные детали идут на сборку комплектно. Поточный метод сборки узлов и агрегатов предполагает высокий уровень механизации постов сборки, рациональную организацию рабочего места.

Качество сборки узла или агрегата зависит не только от состояния деталей, поступивших на сборку, но и от технологической

документации, регламентирующей процесс сборки и определяющей последовательность операций, используемого оборудования и технологической оснастки.

Механизация сборочных работ с использованием специализированного инструмента и приспособлений обеспечивает высокую производительность труда, высокое качество работ; повышает культуру ремонтного производства.

Комплексная механизация сборочных работ предполагает использование приспособлений для установки и фиксирования базовой детали узла или агрегата; возможность придания базовой детали, при необходимости, требуемого пространственного положения, обеспечивающего необходимые удобства при монтаже деталей.

Использование набора специализированного и механизированного инструмента, удобно располагаемого в зоне рабочего места, промежуточные операции контроля качества с применением инструмента, устройств и приборов контроля, а также оборудование рабочих мест устройствами механизированной раздачи смазки и сжатого воздуха сокращают непроизводительно используемое рабочее время, повышают качество работ и надежность собранного узла или агрегата.

Транспортировка, подъем, установка и съем собираемого агрегата должны выполняться подъемно-транспортными механизмами, с электрифицированными передвижными подъемниками, транспортирующими устройствами, манипуляторами для передачи собираемого изделия с одного рабочего места на другое и т. д.

Производительность труда и качество работ при сборке будут выше, если производятся предварительный подбор и комплектование деталей сопряжения. Использование при сборке деталей, бывших в работе, приводит к отклонению от нормируемых посадок сопряжений, из-за этого также необходимо выполнять подбор деталей по группам перед сборкой. Предварительный подбор деталей по группам обеспечивает сокращение разброса величин зазора и натяга при сборке сопряжений, в результате чего восстановление геометрических размеров бывших в работе деталей и использование деталей с износом возможны в более широких пределах. При подборе производят разбивку допусков сопрягаемых деталей на несколько групп и в пределах одной группы подбирают детали сопряжения. Разбивку деталей на группы производят во время контроля их состояния, используя предельные калибры. Такой подбор повышает точность сборки сопряжения без дополнительных затрат на точность изготовления деталей (при этом искусственно сужаются пределы допуска сопряженных поверхностей деталей), способствует созданию условий сборки, при которых зазоры в подвижных посадках и натяги в неподвижных приближаются к средним расчетным значениям. Предварительный подбор позволяет использовать детали с допустимым износом, так как износ можно рассматривать как допустимое расширение пределов допуска при изготовлении деталей, а подбор деталей сокращает эти пределы до предусмотренных размеров.

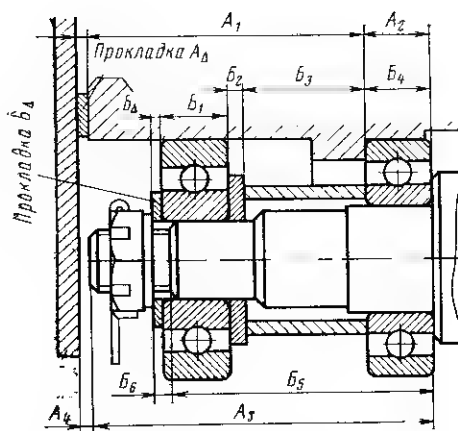


Рис. 82. Узел, размерная цепь которого замыкается установкой прокладок A_{Δ} и B_{Δ}

в соответствии с размерной цепью сборочной единицы. В общем случае *размерной цепью* называют расположенную по замкнутому контуру совокупность размеров (звеньев) узла. Размер, от значения которого в первую очередь зависит точность сборки узла, называют исходным звеном данной цепи. При сборке узла исходное звено является замыкающим в размерной цепи, так как его размеры формируют в последнюю очередь. При расчетах размерной цепи узла деталям (звеньям) назначают в чертежах такие предельные отклонения размеров (допуски), при соблюдении которых будет обеспечено в процессе сборки получение размера замыкающего звена заданной точности без дополнительной пригонки и доработки.

Размерная связь, определяющая расстояния и повороты поверхностей, что необходимо для выполнения сборочной единицей своего назначения, при сборке агрегатов и узлов играет важную роль в достижении требуемой точности и отлаженности работы сопряжения. Обеспечение точности сборки зависит от соответствия состояния базы и неизменности поверхности базирования техническим требованиям, так как правильное взаимное расположение деталей и контактирующих поверхностей зависит от допусков положений, суммарный отсчет которых в размерной цепи начинается с базы.

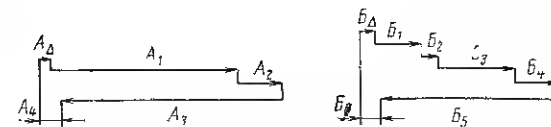
При сборке узлов и агрегатов используются компенсирующие прокладки различной толщины, что обеспечивает замыкание контуров размерных цепей. Схемы размерных цепей составляют при обработке технологической документации, в которой указывают допускаемые отклонения во взаимном расположении деталей в узле, устраняемые установкой прокладок различной толщины (рис. 82).

Размерная цепь (рис. 83) будет нормально замкнута, если толщина прокладок обеспечит необходимый зазор A или B . Для того чтобы зазоры A и B были в необходимых пределах, толщина про-

При ограниченности программы сборки во многих случаях целесообразно вести попарный подбор деталей с подгонкой их для достижения требуемых условий работы сопряжения. Выдержать зазор в заданных пределах при использовании деталей с износом или прошедших восстановление можно только попарным подбором деталей сопряжения.

Точность сборки гарантирует надежную работу агрегата или узла и достигается строгим соблюдением последовательности сборки

Рис. 83. Схемы размерных цепей узла



кладок A_{Δ} и B_{Δ} должна соответствовать уравнениям размерных цепей:

$$A_1 = (A_4 + A_3) - (A_1 + A_2);$$

$$B_{\Delta} = (B_6 + B_5) - (B_1 + B_2 + B_3 + B_4).$$

Правильное, в пределах установленного допуска, взаимное положение деталей в узле сокращает время на приработку сопряжения и уменьшает износ деталей в процессе нормальной работы узла.

45. СБОРКА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Резьбовые соединения играют существенную роль в надежной работе узла или агрегата. Качество сборки резьбовых соединений в значительной степени определяет их прочность и долговечность. Правильная установка и затяжка болтов и гаек исключают преждевременное понижение их усталостной прочности, обрыв, смятие резьбы и рабочих поверхностей.

Качество сборки резьбовых соединений зависит не только от величины усилия затяжки болтов или гаек, но обусловлено отсутствием искривлений и перекосов при их установке, а также соблюдением требуемых посадок. Резьбовые соединения обычно собирают с посадками, определяемыми по среднему диаметру резьбы; наиболее распространенными посадками являются скользящая, ходовая, плотная и с гарантированным натягом.

Установлено, что перекосы опорных поверхностей под головкой болта или гайки в $0,5^\circ$ при среднем отношении их расчетной длины к диаметру, равном пяти, приводят к возникновению в теле болта напряжений, достигающих 3000 кгс/см^2 .

Вместе с тем необходимо помнить, что нагрузка по виткам резьбы распределяется неравномерно. На наиболее нагруженный виток резьбы при соединении, охватывающем десять витков, приходится $1/3$ нагрузки, т. е. коэффициент концентрации нагрузки в резьбовых соединениях больше трех. Это обусловлено тем, что болт на длине свинчивания подвергается растяжению, а гайка сжатию. Многократное подтягивание резьбового соединения нарушает его стабильность и ведет к ослаблению соединения вследствие накопления остаточных деформаций, сопровождающихся смятием резьбы. Принято считать, что стабильность состояния резьбового соединения сохраняется более длительно, если натяг меньше усилия, при котором наступает текучесть материала детали, на $15-20\%$.

Неправильная затяжка ведет к нарушению прочности резьбового соединения и возникновению неисправности. Под неправиль-

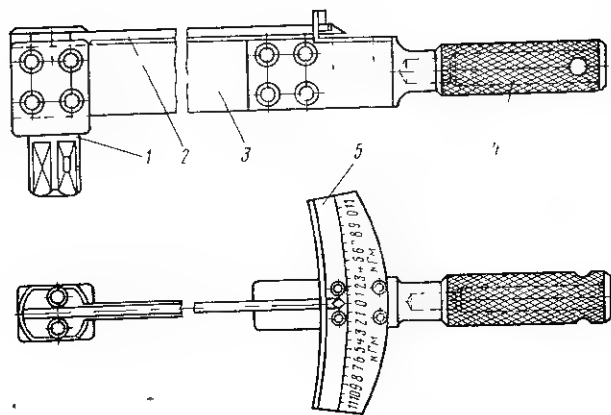


Рис. 84. Динамометрический ключ:
1 — головка; 2 — указатель; 3 — рычаг; 4 — рукоятки; 5 — шкала

ной затяжкой подразумевается сборка резьбового соединения без соблюдения требуемых усилий затяжки. Если усилие меньше установленного, во время работы между поверхностями может образоваться зазор или произойти перемещение одной поверхности относительно другой. Если же усилие затяжки превышает нормируемое, то деталь может деформироваться, а болты и гайки получают значительные перенапряжения.

При неправильной затяжке резьбовых соединений возникает износ отверстий и поверхностей сопряжения или разрушение соединений в процессе эксплуатации в результате обрыва резьбового соединения. Определение необходимого усилия затяжки болтовых соединений представляет значительную сложность, что объясняется трудностями измерения действительного значения осевого усилия в стержне болта или шпильки. В производственных условиях используют один из трех приемов, позволяющих косвенным образом оценивать возникающие осевые усилия: по величине крутящего момента, приложенного к гайке в момент окончания затяжки; по углу поворота гайки от начального положения, если резьбовые элементы выполнены в пределах допуска; по деформациям конструктивных элементов болтов, гаек и шайб.

Так как качество изготовления резьбы и опорной поверхности болтов и гаек неоднородно, то и коэффициент трения в соединении изменяется в широких пределах. Сохранить нормативную величину коэффициента трения в реальных условиях эксплуатации практически невозможно. Следовательно, усилие затяжки, рекомендуемое в инструкциях, является величиной, приближенной к усредненным условиям изготовления резьбовых деталей, соответствующей материалу и состоянию резьбовой и рабочей части деталей, определяемым требованиями и техническим условиям. Чтобы усилия затяжек незначительно отклонялись от установленных, рекомендуется пользоваться динамометрическими (рис. 84) и предельными ключами, а затяжку многоболтовых соединений вести в определенной последовательности, исключающей перекос деталей благодаря односторонней предварительной затяжке болта или гайки.

При многоболтовых резьбовых соединениях затяжку болтов или гаек, расположенных относительно равномерно по площади детали, следует вести от середины к его краям. При расположении болтов и гаек резьбового соединения по периметру затяжку ведут в перекрестном порядке. Затяжку выполняют за две стадии: неполная, а затем полная с необходимым моментом, обеспечивающим требуемое усилие затяжки.

Большинство резьбовых соединений воспринимает динамические нагрузки, в результате чего происходит самоотвинчивание гайки или болта. Чтобы предотвратить самоотвинчивание, устанавливают пружинные шайбы, лепестковые шайбы различных конструкций и контргайки. В некоторых случаях гайки делают с торцовыми прорезями (короной), тогда для их фиксации применяют шплинт. Иногда для предотвращения самоотвинчивания болтов в их головках сверлят сквозные отверстия и их взаимное положение либо их положение относительно сопрягаемой детали фиксируют, пропуская через отверстия вязальную проволоку.

Так как даже при правильной затяжке резьбовые поверхности болтов и гаек, находящихся в соприкосновении, воспринимают значительные нагрузки, то возникает пластическая деформация, способствующая диффузионному схватыванию поверхностей резьбы болта и гайки («сваривание»). Это отражается на сохранности резьбовых деталей при их разборке. Поэтому все резьбовые поверхности соединений, собираемые с предварительной затяжкой, покрывают слоем любой смазки, способной сохраниться на поверхности резьбы в виде пленки; предпочтительней является смазка графитная УСсА.

На троллейбусе и трамвае резьбовые крепления достигают 40% неподвижных разъемных соединений; от их надежности во многом зависит надежная работа подвижного состава. Сборку резьбовых соединений, как типовую операцию, легко механизировать. Допускается использование с этой целью специального инструмента. Промышленность выпускает достаточно большой набор электро- и пневмогайковертов, применение которых облегчает труд, но требует повышенного внимания на операциях сборки, так как рабочий не может непосредственно оценить при этом прилагаемые усилия. Гайка или болт при сборке соединения должны навинчиваться или ввинчиваться с усилиями, соответствующими предусмотренной посадке. При правильно выполненной резьбе гайка должна навинчиваться, сохраняя плоскость соприкосновения с опорной поверхностью, перпендикулярной оси болта или резьбовой шпильки.

46. СБОРКА СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ

Очень часто выполняется сборка соединения с натягом, величина которого зависит от заданных посадок. К соединениям, собираемым с натягом, относятся неподвижные, обычно неразъемные. Неподвижность этих соединений обеспечивается силами тре-

ния, удерживающими одну деталь соединения от перемещений относительно другой. Для разборки такого соединения надо приложить определенное усилие, поэтому оно и называется неразъемным.

Узел с такими соединениями может нормально выполнять свои функции только при сохранении соединением в процессе работы неподвижности и неразъемности.

Соединения с натягом получаются, например, при запрессовке втулки в отверстие либо напрессовке ее на вал.

Натяг δ есть разность между наружным диаметром вала (охватываемой детали) $d_{\text{в}}$ и внутренним диаметром втулки (охватывающей детали) $d_{\text{вт}}$ при условии, что $d_{\text{в}} > d_{\text{вт}}$. Тогда натяг $\delta = d_{\text{в}} - d_{\text{вт}}$. Действительный натяг всегда несколько ниже расчетного для данной посадки из-за шероховатости поверхности деталей после механической обработки. Необходимый натяг неразъемного соединения можно получить при сборке сопряжения из деталей, находящихся в холодном состоянии, запрессовкой, а также при значительном разогреве одной из них (охватывающей) либо при значительном охлаждении другой (охватываемой).

Прочность соединения деталей в холодном состоянии зависит в основном от усилия запрессовки, тогда как при сборке соединения с разогретой или охлажденной деталью она определяется силами внутреннего напряжения, которые совместно с силами трения удерживают деталь от перемещения.

Необходимое усилие P запрессовки, выполняемой в холодном состоянии, можно определить по формуле

$$P = f_{\text{п}} p l d,$$

где $f_{\text{п}}$ — коэффициент трения при запрессовке; p — давление на поверхность контакта деталей, Па; l — длина поверхности контакта соединяемых деталей, м; d — диаметр поверхности деталей соединения, м.

Коэффициенты трения при соединении с натягом, выполняемые в холодном виде для различных материалов, различны и могут быть взяты из специально имеющих для этих целей таблиц. Давление, воспринимаемое сопряженными поверхностями, зависит от геометрических размеров и характеристик материала деталей.

Коэффициент трения $f_{\text{п}}$ при запрессовке зависит от материала детали и для его оценки имеются специальные справочные таблицы. Например, для охватываемой и охватывающей деталей из стали 30 коэффициент $f_{\text{п}} = 0,06$; если охватывающая деталь выполнена из чугуна Сч-48, то $f_{\text{п}} = 0,14$, а если из латуни, то $f_{\text{п}} = 0,05$.

Определить величину давления при сборке сопряжения с натягом необходимо не только для того, чтобы установить усилие запрессовки, но и для того, чтобы обеспечить в деталях сопряжения, собранных с натягом, условия, необходимые для существования упругих деформаций. Эти условия определяются следующими зависимостями:

для охватываемой детали

$$P > 0,58 \sigma_{\text{т}} [1 - (d_1/d)^2],$$

для охватывающей

$$P < 0,58 \sigma_{\text{т}} [1 - (d/d_2)^2],$$

где $\sigma_{\text{т}}$, $\sigma_{\text{т}}$ — пределы текучести материала деталей, Н/м² (кгс/мм²); d , d_1 и d_2 — диаметры охватываемой и охватывающей деталей.

Значение давления p на контактирующие поверхности сопряжения, собранного с натягом, зависит от отношения длины втулки l к ее диаметру d (рис. 85). При коротких втулках, когда это отношение мало, в формулу для определения давления вводится безразмерный коэффициент κ , найти который можно по графику рис. 86. В общем виде давление на контактной поверхности

$$p = \frac{\delta_{\text{max}}}{d \kappa} \kappa_1,$$

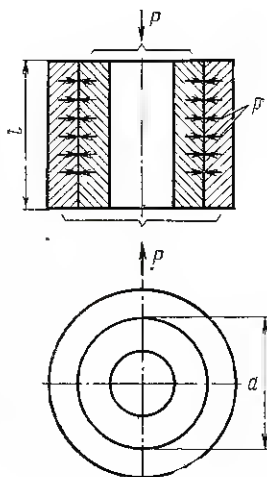


Рис. 85. Схема сопряжения деталей с натягом

где δ_{max} — максимальный натяг, мм; κ_1 — коэффициент, зависящий от модуля упругости деталей сопряжения, материала деталей и отношения их диаметров. Коэффициент κ_1 берется из таблиц или графиков, имеющих в справочниках.

При сборке неразъемного соединения в горячем виде необходимо температуру нагрева детали перед сборкой соединения можно определить как $\tau = t_{\text{к}} - t_0$, где $t_{\text{к}}$ — температура разогретой детали, t_0 — температура холодной детали. Причем

$$\tau \geq \delta_p : (a d),$$

где δ_p — расчетный натяг, мм; a — коэффициент линейного расширения материала детали, для стали $a = 11 \cdot 10^{-6}$; d — диаметр поверхности детали соединения, мм.

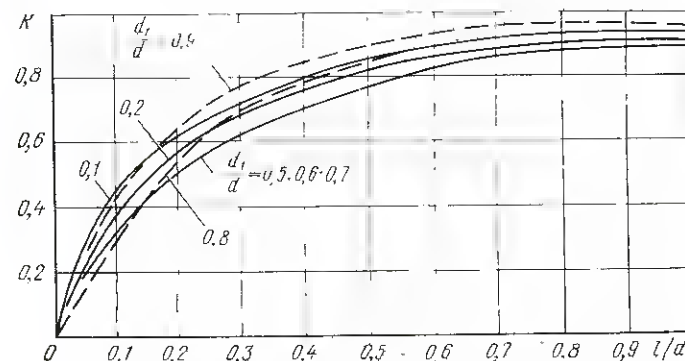


Рис. 86. График для определения безразмерного коэффициента κ

Контактирующие поверхности деталей соединения, подлежащих запрессовке, не должны иметь большой шероховатости и следов загрязнения, так как при запрессовке неровности будут срезаны и величина расчетного натяга уменьшится. Для повышения прочности соединения при запрессовке рекомендуется поверхность покрывать слоем смазки, что уменьшит возможность появления трещин, задигов и искажений формы детали. Промышленностью выпускается смазка в виде специального порошка, карандашей или пасты; можно также использовать и обычные индустриальные масла. Для обеспечения правильной запрессовки следует применять прессовое оборудование и направляющие приспособления, исключающие повреждение торцовых поверхностей.

Запрессовка с предварительным нагревом не только повышает прочность соединения, но и исключает перекосы, образование дефектов на поверхности детали и их торцах. На подвижном составе предварительный нагрев применяется при напрессовке подшипников качения, бандажей на колеса трамвая и т. д. Подшипники качения помещают обычно в масляную ванну с маслом, разогретым до 90—100°. Подшипники после нагрева свободно надеваются на вал. Остывая, внутреннее кольцо подшипника охватывает посадочную поверхность вала с натягом, исключая смещение кольца даже при разрушении и заклинивании сепаратора подшипника. При демонтаже подшипников качения с вала разборку целесообразно вести при нагревом подшипника, что сохранит посадку вала. В противном случае необходимо выполнять восстановление посадочной поверхности вала, так как при снятии подшипника качения съемником в холодном состоянии принятый допуск на посадку в 0,03 мм будет почти полностью снят внутренним кольцом подшипника качения.

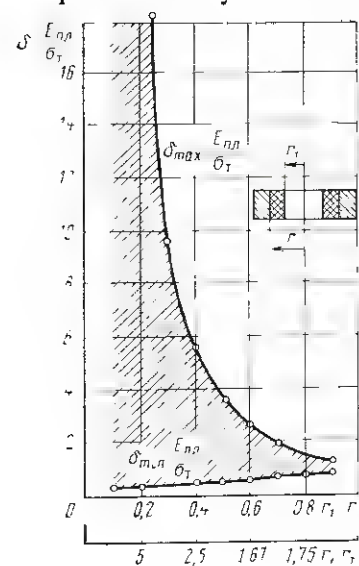


Рис. 87. Номограмма для определения натяга при установке пластмассовой втулки в зависимости от радиуса отверстия

Сборка соединения с натягом при использовании деталей из термопластичных синтетических материалов требует специфического подхода. Особенности пластмасс необходимо учитывать при выборе величины посадок и зазора между поверхностью пластмассовой детали и других деталей сопряжения. В процессе работы сопряжения происходит усадка пластмассовых деталей и натяг в соединении исчезает. Следовательно, натяг при использовании пластмассовых деталей должен быть больше, чем при металлических деталях. Расчет натяга по формулам, учитывающим величины деформации, предел текучести, модуль упругости, гигроскопичность и другие параметры,

очень сложен. Поэтому определяют расчетный натяг обычно по номограммам и табличным коэффициентам.

Для примера рассмотрим номограмму рис. 87, на которой указана зависимость величины наибольшего и наименьшего натягов от отношения внутреннего r_1 и наружного r радиусов пластмассовой втулки. Сначала определяют отношение модуля упругости $E_{пл}$ к пределу текучести σ_T используемой пластмассы (и наоборот — отношение σ_T : $E_{пл}$); затем находят отношение радиусов втулки r_1 : r и r : r_1 и по номограмме соответственно, приходящиеся на 1 мм радиуса соединения:

$$\kappa_1 = \delta'_{\max} \frac{E_{пл}}{\sigma_T} \quad \text{и} \quad \kappa_2 = \delta'_{\min} \frac{E_{пл}}{\sigma_T}.$$

Предельные величины натягов:

$$\delta_{\min} = \kappa_1 \frac{\sigma_T}{E_{пл}} 2r \quad \text{и} \quad \delta_{\max} = \kappa_2 \frac{\sigma_T}{E_{пл}} 2r.$$

47. СБОРКА СОЕДИНЕНИЙ С ЗАЗОРОМ

Зазор в соединениях предусматривают в тех случаях, когда необходимо перемещение одной детали сопряжения относительно другой. Зазор должен быть таким, чтобы с учетом воспринимаемой сопряжением нагрузки обеспечивались необходимые условия смазки поверхностей трения. К соединениям с зазором относятся соединения типа вал-втулка (подшипники скольжения) и соединения с использованием подшипников качения.

При общем сроке службы сопряжения T длительность процесса приработки будет T_1 ; суммарный износ за период приработки составит $i_{пр}$ при интенсивности износа вала и втулки b_1 . Суммарный износ за период T_2 нормальной эксплуатации составит i_2 при интенсивности износа вала и втулки b_2 . Следовательно:

$$T = T_1 + T_2 = i_{пр} : b_1 + i_2 : b_2.$$

Здесь $i_2 = s_{\max} - s_{\min}$, где $s_{\max}$ — наибольший суммарный зазор сопряжения вал-втулка (рис. 88), допустимый по конструктивным соображениям; $s_{\min}$ — наименьший суммарный зазор сопряжения вал-втулка, допустимый по условиям посадки и смазки.

Общий срок службы сопряжения, собранного с начальным зазором $s_{нач}$ будет

$$T = T_1 + T_2 = T_1 + \frac{s_{\max} - s_{\min}}{b_2}.$$

Таким образом, срок службы сопряжения, собранного с зазором, тем больше, чем меньше начальный зазор и ниже износ поверхностей в период приработки. Величина износа поверхностей в период приработки зависит в основном от чистоты поверхностей деталей сопряжения. Поэтому при сборке соединения с зазором обеспечивают такую чистоту поверхностей вала и втулки, при которой в процессе приработки сопряжения не требуется устранять неров-

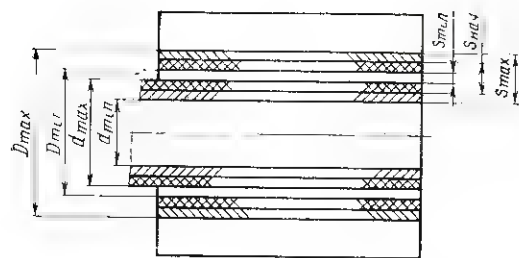


Рис. 88. Схема сопряжения с зазором типа вал втулка:
 $D_{\min}$, $D_{\max}$, $d_{\min}$ и $d_{\max}$ — наименьший и наибольший диаметры соответственно втулки и вала, допустимые при эксплуатации

ности, имеющиеся на поверхности деталей после механической обработки.

Начальный зазор сопряжения зависит от точности изготовления деталей. Повышение точности хотя и требует дополнительных затрат, но часто бывает оправдано. Искусственный способ повышения точности изготовления деталей — предварительная подборка деталей по величине допуска. При сборке соединений с зазором рекомендуется применять подбор деталей по достигнутому допуску при изготовлении, что равносильно некоторому повышению точности изготовления. Кроме того, можно осуществлять индивидуальную подгонку. Необходимо иметь в виду, что при запрессовке втулки, для обеспечения достаточно плотной посадки, внутренний ее диаметр может измениться, вследствие чего не будет получен необходимый зазор сопряжения. Это обстоятельство учитывают либо при изготовлении, либо после установки втулки ее внутреннюю поверхность обрабатывают протяжкой или разверткой необходимого размера. В некоторых случаях целесообразно осуществлять подгонку размера вала под полученный размер втулки после запрессовки.

Сборка сопряжения с вкладышами, залитыми антифрикционным составом, ведется после их расточки под необходимый размер. Необходимый зазор сопряжения достигается пришабриванием поверхности; величина радиального зазора определяется лепестковым щупом. Операция шабрения требует определенных навыков, в процессе ее производят многократное снятие частичек металла шабером и осуществляют контроль состояния поверхности с целью определения равномерности зазора по всей поверхности сопряжения деталей.

Работоспособность подшипника качения в основном зависит от того, правильно ли выполнена сборка. При этом в процессе сборки требуется соблюдать необходимые посадки для внутреннего и наружного колец подшипника. Общее правило при сборке подшипникового узла — обеспечение неподвижной посадки кольца подшипника качения на вращающуюся деталь. Невращающаяся деталь имеет с кольцом подшипника качения подвижное соединение, обеспечиваемое необходимой посадкой. Соблюдение этого правила позволяет получить расчетную нагрузку на контактирующие поверхности подшипника качения, сохраняет необходимые условия смазки, исключает деформацию и нарушение теплового режима, способствует полному использованию ресурса работоспособности узла. По-

садочные места под кольца подшипников качения должны иметь высокую чистоту поверхности.

Если при монтаже подшипника качения в узел необходимы прессовые операции, пользуются специальными оправками из мягких металлов. Любые сосредоточенные ударные воздействия могут привести к разрушению деталей подшипников качения и установке их с перекосом.

Усилие прессовой посадки подшипника качения можно оценить по формуле

$$P = \delta f \pi E B : (2 \cdot 10^6 \theta),$$

где δ — расчетный натяг, м; E — модуль упругости, МПа (для стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа); f — коэффициент трения; B — ширина кольца подшипника качения, мм; θ — характеристика подшипника, зависящая от его геометрических размеров:

$$\theta = \left(\frac{D + 3d}{D - d} \right)^2,$$

где D — внешний диаметр наружного кольца подшипника; d — внутренний диаметр внутреннего кольца подшипника.

48. ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

Ремонт электрического оборудования подвижного состава сопровождается электромонтажными работами. Трудоемкость этих работ, требования высокой надежности и безопасной эксплуатации, предъявляемые к системам проводной связи электрических аппаратов и машин, командных и исполнительных механизмов, должны исключать небрежное, невнимательное и неквалифицированное исполнение ремонта и технического обслуживания.

Практически вся электропроводка подвижного состава выполнена по двухпроводной схеме и подразделяется на высоковольтную и низковольтную. В подавляющем большинстве случаев доступ к электрической проводке затруднен и требует больших затрат времени. Поэтому работы выполняют с пооперационным контролем, высококачественно, принимая меры, предохраняющие провода от механических повреждений, ускоренного старения изоляции и проникновения влаги.

Электрические провода на подвижном составе обычно собраны в пучки (жгуты). Кроме пучков, имеются и одиночные провода. Как высоковольтные провода, так и низковольтные вяжут в пучок киперной лентой и крученым шнуром. При отпайке проводов на место отпайки накладывают бандаж из изоляционной ленты, фиксируемый крученым шнуром, и затем наносят лак типа БТ-99. Пучок проводов закладывают в брезентовый рукав и укрепляют в желобах с помощью скоб, клип или привязных ремней. Пучок проводов не должен занимать более 85% свободного пространства

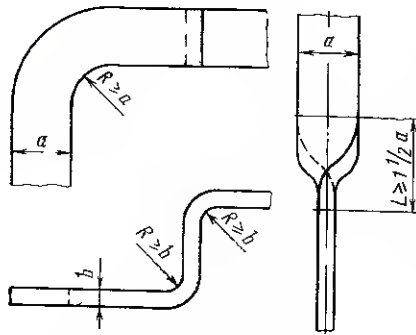


Рис. 89. Радиусы изгиба монтажных шин

ства с монтажной схемой. Подсоединение провода в соответствии со схемой проверяют контрольной лампочкой.

Подводя провода к зажимам аппаратов и панелей, стремятся обеспечить наименьшее число их пересечений в горизонтальном и вертикальном направлениях. Скобы для фиксирования положения провода устанавливают на расстоянии 150–200 мм друг от друга; для предотвращения перетирания изоляции проводов под внутреннюю поверхность скоб подкладывают прокладку из резины либо надевают резиновую трубку на скобу. Концы проводов в зависимости от конструкции контактного устройства разделяют под наконечник, контакт либо под колечко. Для этих целей конец провода очищают от изоляции и загибают в кольцо; наконечники на них закрепляют с помощью пайки или обжатия. Пайка осуществляется припоем ПОС-30; пайка кислотами не допускается из-за неминуемого разрушения детали в месте пайки. Расстояние от припаянного края наконечника до изоляционного покрытия провода должно быть не менее 6 мм при сечении провода от 6 до 16 мм² и 10 мм при сечении провода свыше 16 мм². Свободное место между наконечником и изоляцией проводов заполняют изоляционной лентой до диаметра наконечника. Для предотвращения утечки тока с на-

рукава. Концы брезентового рукава обматывают смоляной лентой совместно с пучком проводов, что предотвращает проникновение в пучок, расположенный в рукаве, влаги и грязи.

Провода к зажимам подсоединяют, не натягивая, во избежание их обрыва при вибрации. Все провода в пучке должны иметь маркировку на концах либо различный цвет изоляции, что облегчает не только монтаж, но и поиск неисправностей. Для маркировки используют бирки, на которых указан номер провода в соответ-

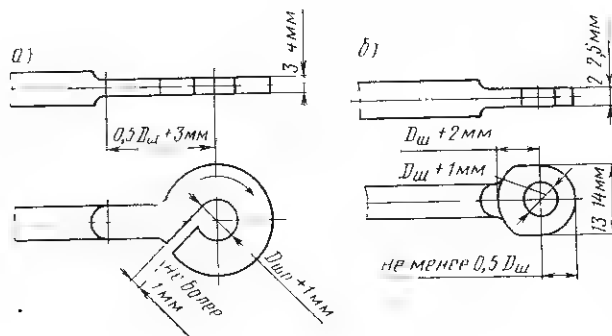


Рис. 90. Контактная часть круглой шины:
а - при диаметре шпильки свыше 6 мм; б - при диаметре шпильки 5–6 мм

конечника по поверхности изоляции провода, что может возникнуть при наличии влаги, грязи и т. д., у наконечников высоковольтных проводов устанавливают переходные мостики из резинной ленты, лакоткани и изоляционной ленты, накладываемой с перекрытием в половину ширины ленты (в полуперекрышу). После заделки переходной мостик покрывают лаком. Отверстия в полу, через которые проходят провода, уплотняют смоляной лентой.

Тяговые и вспомогательные двигатели подключают к проводам разьемами, которые размещены в коробках с электроизоляционными крышками. Чтобы предотвратить повреждения проводов, их закрывают плинтусом из дюралюминия с электроизоляционным покрытием внутренней поверхности либо укладывают в желоба.

Групповой монтаж электрических аппаратов предусматривает соблюдение минимальных воздушных зазоров и расстояний в соответствии с установочными чертежами. С задней стороны панелей монтаж обычно ведут шинами, которые должны находиться в габаритах панелей и иметь наименьшие изгибы (рис. 89). При установке соединительных шин с передней стороны панели их располагают вне зоны выхлопа электрической дуги контакторов.

Концы круглых шин (рис. 90) для прочности контакта сплющивают и рассверливают под диаметр болта до 6 мм. При соединениях шин болтами диаметром свыше 6 мм концы шин сгибают в кольцо. Перед монтажом их покрывают припоем ПОС-30 на длину 25 мм. Всю остальную поверхность шины покрывают электроизоляционным лаком типа БТ-99.

Контактные поверхности монтируемых шин, наконечников, облуженных кольцевых разделок должны плотно прилегать и прочно скрепляться с целью снижения переходного сопротивления в месте контакта, так как значительные переходные сопротивления являются причиной большинства нарушений в работе электрических цепей подвижного состава.

49. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ШИН ТРОЛЛЕЙБУСА

Современные прямобортные шины троллейбуса состоят из покрывки, камеры и ободной ленты. Каркас 1 покрывки (рис. 91) является основной силовой частью шины и служит для восприятия давления воздуха и нагрузок, действующих на шину. Каркас состоит из нескольких слоев прочной прорезиненной ткани корда и резиновых прослоек—скиджей. Нити корда изготавливают из хлопка, вискозы, капрона и стальных латунированных проволок. Ткань корда имеет прочные продольные нити (основа) и тонкие, редко расположенные поперечные нити (уток). Смежные слои корда укладывают так, чтобы нити перекрещивались под некоторым углом. Число слоев корда у покрывок достигает полутора десятков. Расположение ткани в корде таково, что основным является диагональное направление нитей по отношению к плоскости касания покрывки шины с дорожным полотном.

Протектор 3 — толстый резиновый слой, расположенный по бе-
говой части покрышки, предназначен для предохранения каркаса
покрышки от механических повреждений. Для лучшего сцепления
шины с дорожным покрытием поверхность протектора имеет рису-
нок, выступающая часть которого составляет 0,5–0,7 площади бе-
говой дорожки. Глубина рисунка достигает 32 мм.

Подушечный слой 2, расположенный между каркасом и протек-
тором, улучшает связь между ними. Он состоит из нескольких
слоев разрезанного корда с резиновой прослойкой. Боковины 4
предохраняют каркас от механических повреждений, что достига-
ется наложением тонких слоев эластичной покровной резины.

Борт 5 необходим для создания условий прочного крепления
шины на ободе колеса и состоит из крыла и кромок слоев каркаса,
загнутых на крыло, а также крепительных и бортовых лент из про-
резиненной ткани. Крыло из металлического сердечника предназ-
начено для обеспечения прочности и жесткости бортов покрышки;
оно состоит из лент сплетенной стальной проволоки или из несколь-
ких рядов одиночной стальной проволоки и обрешиненного прово-
лочного кольца с наполнителем и плетенка совместно обмота-
ны широкой прорезиненной крыльевой лентой 13 для более проч-
ного скрепления с каркасом покрышки.

Размер камеры шин, изготавливаемых из специальной камерной
резины, на 8–12% меньше внутренних размеров покрышек; каме-
ры снабжены вентилем. Вентиль с золотником выполняет роль об-
ратного клапана.

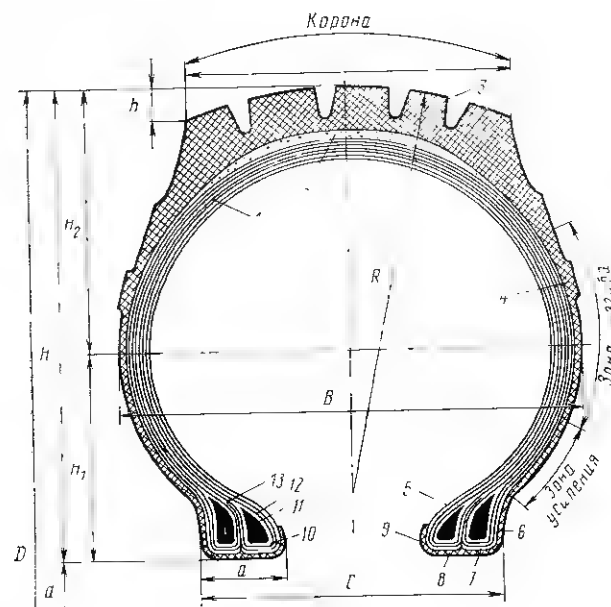


Рис. 91. Конструктивные элементы покрышек:

1 - каркас; 2 - подушечный слой (брекер); 3 - протектор; 4 - боковина; 5 - борт; 6 - бортовая лента; 7 - пятка борта; 8 - основание борта; 9 - носок борта; 10 - бортовая проволока; 11 - наполнительный шнур; 12 - обертка крыла; 13 - крыльевая лента (флиппер)

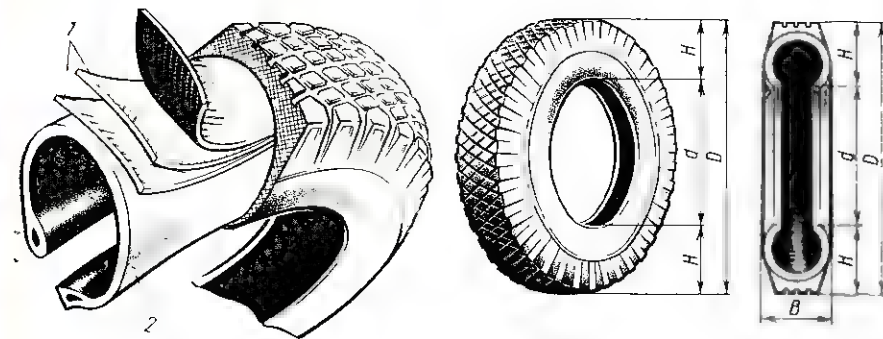


Рис. 92. Покрышки шины типа Р:
1 - слой брекера; 2 - каркас с радиально-расположенными нитями корда

Рис. 93. Размеры шин:
B — ширина профиля; H — высота профиля; d — внутренний (посадочный) диаметр; D — наружный диаметр

Ободная лента (флеп) представляет собой профилированную резиновую ленту, устанавливаемую между камерой и ободом колеса для предотвращения защемления камеры бортами покрышки и предотвращения трения камеры о поверхность обода колеса.

В последние годы находят широкое применение шины типа Р, отличающиеся радиальным направлением нитей, меньшим количеством слоев в каркасе и большим количеством слоев в подушечном слое. Малослойный эластичный каркас (рис. 92) шины улучшает амортизирующие свойства и в сочетании с жестким подушечным слоем повышает износостойкость протектора.

Размеры шины (рис. 93), обозначаемые на боковине покрышки, характеризуют наружный диаметр D, посадочный диаметр d и ширину профиля B (указываются в дюймах или миллиметрах).

Шины во время движения троллейбуса воспринимают динамические нагрузки, превышающие статические в 2–3 раза, а при наезде на препятствие в 6–7 раз. Радиальная нагрузка движущегося колеса вызывает циклическую деформацию шины, причем в передней ее части происходит сжатие, а при выходе из контакта — растяжение. За весь срок службы шины выдерживают 20–30 млн. циклических деформаций. При качении колеса в плоскости контакта шины возникают касательные силы, вследствие чего происходит некоторое проскальзывание шины и ее износ.

Деформации, сопровождающие работу шин и трение камеры о покрышку, вызывают нагрев шин, который возрастает со скоростью движения. Для снижения трения внутреннюю поверхность покрышек припудривают тальком и поддерживают поверхность камеры чистой. Снижение давления в шинах и перегрузки способствуют повышению нагрева шин, что ведет к расслоению каркаса и резкому снижению срока службы.

Боковые силы, возникающие при повороте, а у управляемых колес и при нарушении углов установки колес, вызывают деформацию шин в поперечном направлении и проскальзывание их в плоскости

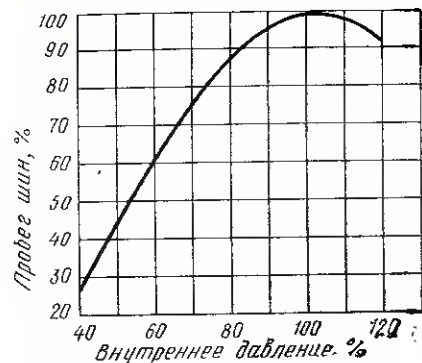


Рис. 94. Зависимость пробега шин от внутреннего давления воздуха в них

контакта, в результате чего происходит интенсивный износ протектора. Предотвратить это можно правильной установкой управляемых колес; кроме того, необходимо снижать скорость на повороте, что уменьшает боковые силы.

Комплект шин троллейбуса — один из его самых дорогостоящих узлов и затраты средств на эксплуатацию шин составляют весомую часть в эксплуатационных расходах. Основными факторами, определяющими срок службы шин троллейбуса, являются: внутреннее давление, нагрузка, скорость движения, состояние дороги, техническое состояние троллейбуса и профессиональное мастерство водителя.

На долговечность шин (срок службы) оказывает отрицательное воздействие как пониженное, так и повышенное внутреннее давление в шинах (рис. 94). В первом случае, кроме перегрева и расслоения каркаса, в результате неравномерного распределения удельных давлений в плоскости контакта шины деформируются так, что средняя часть беговой дорожки прогибается внутрь и вся нагрузка передается на крайние зоны протектора, что ведет к износу края беговой дорожки. У двояных ведущих колес боковины покрышек соприкасаются, перетираются и разрывают нити внутреннего слоя корда, вызывая кольцевой излом каркаса. Во втором случае возрастает нагрузка на каркас, следствием чего является его разрушение. Повышенное давление снижает деформацию шины, в результате чего активно работает только середина беговой дорожки, что приводит к ее интенсивному износу.

Всякая перегрузка шин оказывает влияние на каркас и преждевременно разрушает его; к разрушению каркаса приводит и сильный нагрев шин при завышенных скоростях движения. Кроме того, повышенные скорости вызывают рост проскальзывания шин и, следовательно, повышенный износ протектора. Долговечность шин зависит также и от мастерства водителя, так как резкое трогание с места и резкое торможение, движение с большими скоростями на поворотах, наезды на неровности, встречающиеся на дороге, и т. д. повышают их износ и снижают работоспособность. Неправильная установка управляемых колес неминуемо вызывает интенсивный износ протектора. Причем, при увеличенном угле схождения интенсивно изнашивается наружная кромка протектора, а при уменьшенном — внутренняя.

Нарушение угла схождения колес в сочетании с повышенным уводом приводит к пилообразному износу кромок элементов протектора.

Большое значение для prolongации срока службы шин имеет технически грамотная их эксплуатация: своевременная по схеме перестановка шин, когда эксплуатируются только новые, но не используются с восстановленным протектором, исключение одновременной эксплуатации шин с разным рисунком в одном комплекте, своевременное извлечение посторонних предметов из впадин рисунка протектора, квалифицированное проведение монтажно-демонтажных работ и т. д. Наибольших затрат физических сил требует демонтаж шин вследствие «приварки» борта покрышки к ободу под действием большого давления. Механизированный процесс демонтажа шин исключает случаи повреждения бортов покрышек.

Чтобы при накачивании смонтированной шины воздухом до требуемого давления не произошло несчастного случая вследствие разбортовки колеса, разрыва поверхности шины и т. д., применяют специальные ограждения.

Контроль давления в шинах ведут обычно шинными манометрами. Однако при частом подсоединении манометра выходят из строя золотники вентиля; кроме того, этот контроль является трудоемкой операцией и его невозможно осуществить для внутренних ведущих колес. Так как технико-экономический эффект от поддержания нормального давления в шинах значителен и связан с безопасностью движения (блокировка колес, при неравномерной их накачке, стимулирует «занос»), разработан ряд косвенных способов контроля давления в шинах. Рассмотрим один из них, использующий опорную площадку 1 с пластинами — измерителя длины контакта шины 2 (рис. 95). Измеритель представляет собой пластины, выступающие из прорезей опорной площадки. Каждая пластина одним концом шарнирно связана с неподвижной опорой, а другим с контактом в электрической цепи. На пластины опорной площадки наезжает и останавливается колесо троллейбуса. При этом отжимаются вниз те пластины, которые оказываются в пределах длины контакта шины, зависящей от величины давления в ней. Отжатые пластины замыкают соответствующие контакты, вследствие чего изменяется сопротивление электрической цепи. Прибор контроля, подсоединенный к этой цепи, отградуирован в единицах давления. Погрешности в измерениях достигают 20—25%.

Применяется также способ контроля давления в шинах по усилию вдавливания штока в борт шины. Зафиксировав колеса в створе со штоком (рис. 96), по команде оператора, пневматическим

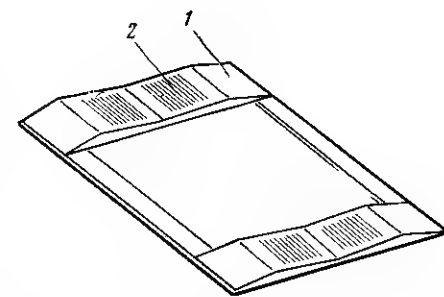


Рис. 95. Устройство для контроля давления в шинах по площади контакта:

1 — опорная площадка; 2 — пластины для замера длины контакта

или гидравлическим приводом шток 2 вдавливают, при постоянном отрегулированном усилии, в боковую поверхность шины. Шток кинематически связан с датчиком 1, который подводится к боковой поверхности шины одновременно со штоком и фиксирует линейное перемещение штока при вдавливании его в шину. По величине этого перемещения приборы пульты управления стенда позволяют оценить давление воздуха в шинах. Погрешности показаний составляет 8—10%. На точность показаний влияют упругость боковых поверхностей, их износ, степень старения резины и погрешность отсчета перемещения штока.

Ремонт шин заключается в устранении местных повреждений (проколов, мелких разрывов), выполняемом в эксплуатационных предприятиях, и наложении нового протектора, выполняемом специализированными промышленными предприятиями.

На современных троллейбусах давление в шинах ведущего моста равно 8 кгс/см², в связи с чем ремонт шин в условиях эксплуатационного предприятия практически не производится. Однако шины, имеющие небольшие механические повреждения (проколы, пробои, прорезы), могут подвергаться местному ремонту. Для этого в повреждение, с наружной части шины вводится трубчатая оправка, в которую изнутри шины вставляется ножка сформирован-

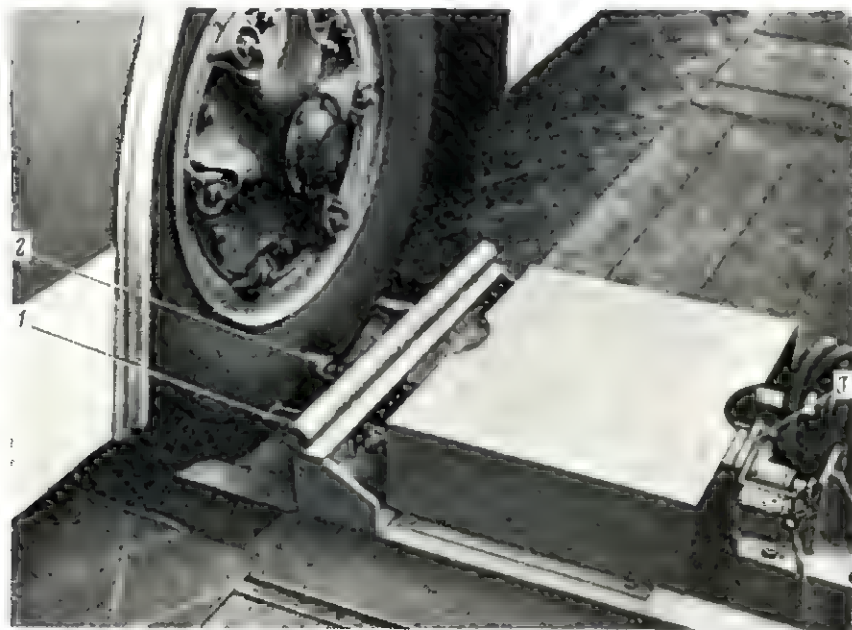


Рис. 96. Установка для контроля внутреннего давления в шинах по усилию вдавливания штока:

1 — датчик перемещения штока; 2 — шток; 3 — цилиндр пневматического привода

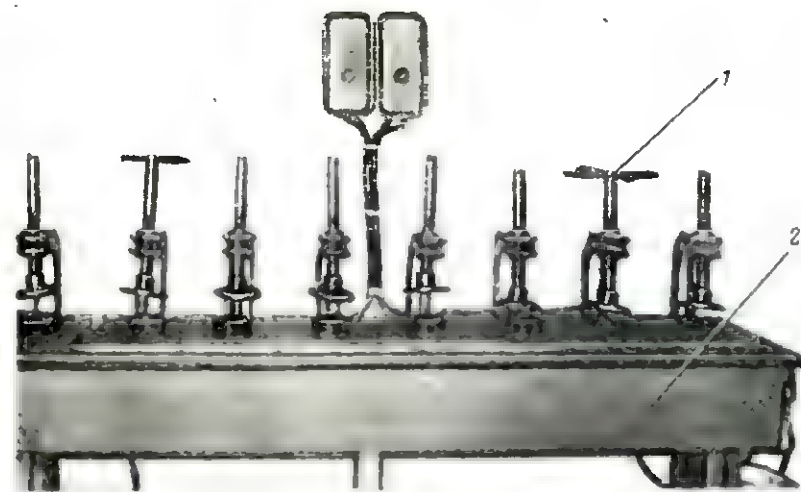


Рис. 97. Образец платы с электрическим подогревом для вулканизации камер шин троллейбуса:

1 — прижимные устройства; 2 — вулканизационная плита, разогреваемая теплами

ного методом вулканизации грибка. При удалении оправки из места повреждения ножка грибка заполняет сквозное отверстие в шине, а шляпка плотно прилегает к внутренней поверхности.

В целях исключения механических повреждений и продления срока эксплуатации шин при профилактическом обслуживании троллейбуса посторонние предметы из прорезей рисунка протектора должны удаляться.

Правильная эксплуатация шин сопровождается износом только рисунка протектора, который поддается восстановлению на специализированных заводах. Восстановление ведется методом наложения нового протектора.

Для этого поверхности шины придается необходимая шероховатость и на нее через слой клея накладывается невулканизированная (сырая) резина. При производстве вулканизации такой шины в специальной форме получается монолитная масса с соответствующим рисунком протектора и прочностью соединения, не уступающая прочности резины основной шины.

По условиям безопасности движения шины, восстановленные методом наложения нового протектора, на колеса ведомой оси троллейбуса не устанавливаются. В связи с этим при использовании в троллейбусном депо шин с восстановленным протектором, что технико-экономически целесообразно, схемная перестановка колес не производится.

Ремонт камер ведется в эксплуатационных предприятиях. Небольшие повреждения (размером до 30 мм) устраняют, накладывая заплатки из невулканизированной (сырой) резины. Камере в зоне дефекта с помощью карборундового круга придают шерохо-

ватость, вырезают заплаты из невулканизированной резины, промазывают их клеем и накладывают на поврежденное место. Операцию вулканизации выполняют на камерных плитах с электрическим подогревом, снабженных струбцинами с прижимными винтами (рис. 97). Для вулканизации камеру кладут заплатой на плиту, плотно прижимают винтом струбцины через нажимную плитку к нагреваемой поверхности плиты и выдерживают при фиксированной температуре 15—20 мин. При замене вентиля его вырезают вместе с фланцем и на новом месте устанавливают способом вулканизации исправный вентиль, а повреждение камеры устраняют наложением заплаты. Качество ремонта камеры определяют, погружая ее в воду в слегка накаченном состоянии: если не появляются пузырьки воздуха, то все повреждения устранены.

50. ЗАЩИТНАЯ И ДЕКОРАТИВНАЯ ОКРАСКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Подвижной состав наземного электрического транспорта эксплуатируется в сложных условиях, оказывающих влияние на его внешний вид и долговечность. Часто изменяющиеся влажность и температура окружающей среды, химически агрессивные компоненты, содержащиеся в воздухе, песок и пыль, вибрация и солнечный свет постоянно воздействуют на ограждающие и каркасные элементы конструкции кузова, агрегаты, узлы и отдельные детали. Для обеспечения их долговечности и придания подвижному составу привлекательного внешнего вида применяют защитную и декоративную окраски.

Защитная окраска агрегатов, узлов, некоторых деталей и элементов кузова преследует цель предохранить их от коррозии и старения, предотвратив непосредственный контакт их поверхности с внешней средой. Применяемые для этого красители должны обладать хорошей сцепляемостью с поверхностью, механической прочностью, высоким сопротивлением истиранию, стойкостью, эластичностью и долговечностью, создавать сплошную пленку. Удовлетворение этих требований обеспечивается правильным выбором материала защитной окраски и технологией ее нанесения. Поверхность под окраску должна быть чистой и обезжиренной. Защитная окраска наносится различными способами: кистью, пульверизацией, струйным обливом, распылением и т. д.

Как защитная, так и декоративная окраска кузова подвижного состава является трудоемкой, ответственной и технологически длительной операцией. С целью сокращения объема лакокрасочных работ, трудовых и материальных затрат, улучшения гигиенических и комфортных условий для пассажиров внутреннюю обшивку кузова выполняют из материалов с пленочным декоративным покрытием, что исключает операции по их окраске.

В общем виде процесс окраски кузова подвижного состава при капитальном ремонте состоит из следующих операций: удаление старого слоя краски, подготовка поверхности к окраске, грунтовка,

шпаклевка, шлифование, нанесение первого (выявительного) слоя, выправка, шлифование, заключительная окраска.

В *подготовку к окраске* входят работы по обезжириванию поверхности, очистке от коррозии и наплывов от сварки, очистке от загрязнений и влаги. От выполнения этих работ зависит качество последующих операций окраски и долговечность нанесенного слоя краски. Очистку поверхности желательно вести механическим или химическим способом.

Наибольшее распространение получили химические способы очистки кузова от старого слоя краски, предусматривающие применение специальных паст и смывок. В состав паст входят каустическая или кальцинированная сода, негашеная известь и другие щелочи, а также мел в качестве наполнителя и активизирующие пасту добавки. После нанесения пасты на очищаемую поверхность через 1—2 ч краска размягчается и легко снимается стальным скребком или металлической щеткой. В состав смывок входят водные растворы щелочей со стимулирующими присадками, также используются и специальные смывки АФТ-1, СД и др. Для нанесения смывок можно использовать моечные установки.

Через 60—90 мин после нанесения щелочного состава окрасочный слой набухает и отделяется от поверхности металла. Очищенную поверхность металла необходимо тщательно промыть водой для удаления остатков щелочи. Однако при этом незначительное количество щелочи затекает в неплотности обшивки кузова, что вызывает химическую коррозию элементов его каркаса. Смывки не разрушают материал элементов конструкции, имеющих органическую основу (кожа, ткань и т. д.). Недостатком применения смывок является повышенная пожарная опасность и канцерогенность, что требует усиленной вентиляции производственных участков.

К механическим способам относится дробеструйная и гидropескоструйная обработка, а также струйная очистка от следов ржавчины вместо химического травления.

Обезжиривание поверхности перед грунтовкой можно выполнять ветошью, смоченной в уайт-спирите, с последующей протиркой поверхности сухой тканью.

Грунтовка является основой лакокрасочного покрытия и предназначена для защиты металла от коррозии и прочной связи поверхности металла со слоями краски. Поэтому грунт должен обладать высокой адгезией (сцепляемостью) и когезией (невосприимчивостью).

Для условий, в которых эксплуатируется подвижной состав электрического транспорта, применяются грунты, имеющие в своей основе железный или свинцовый сурик, глифталевый лак или масляно-фенольные компоненты в зависимости от материала окрашиваемой поверхности и состава лакокрасочного слоя покрытия.

Хорошее качество подготовки поверхности достигается при нанесении грунта распылением, что создает равномерно ложающийся слой, исключает пропуски, экономит материал грунта и обеспечивает попадание его на поверхность при сложной ее конфигурации.

Шпаклеванием обеспечивается выравнивание поверхности после грунтовки — устранение рисок, вмятин и небольших неровностей. Шпаклевочную массу обычно наносят тонким ровным слоем специальной гибкой лопаточкой — шпателем. Компоненты шпаклевочной массы должны иметь характеристики, согласуемые с используемыми красителями. Шпаклевочная масса хорошо сцепляется со слоем грунта и красителями, но имеет недостаточное сцепление в самой массе. Наличие относительно крупных зернистых фракций в составе шпаклевочной массы, изготавливаемой из специальных разбавителей, обусловлено наличием в ней пигментирующего красителя, смешанного с неорганическими размолотыми компонентами (мелом, охрой, суриком). Шпаклевочную массу, приготовленную в виде жидкой пасты, можно наносить методом распыла (распылением). Во всех случаях единичный слой шпаклевки не должен превышать 0,5 мм. Если необходимо нанести на покрытие слой шпаклевки большей толщины, первоначально наносят ее на отдельные местные неровности для выравнивания поверхности, затем, после сушки, шлифуют пемзой и водостойкими или мелкими шлифовальными шкурками; последующие слои наносятся, повторяя перечисленные операции, но суммарная толщина нанесенного слоя шпаклевки не должна превышать 2,0—3,0 мм.

Первый слой краски, наносимый на поверхность, подготовленную грунтовкой, шпаклевкой и шлифовкой, укрепляет шпаклевочный слой и выявляет недостатки подготовленной поверхности, которые устраняют местной шпаклевкой и шлифовкой дефектной части поверхности.

Декоративную окраску поверхности наносят в несколько слоев, число которых зависит от качества и вида красителя.

Система обозначения лакокрасочных материалов в соответствии с ГОСТом состоит из пяти групп знаков: вид лакокрасочного материала (лак, эмаль, грунт, шпаклевка), основной пленкообразующий компонент (смола, эфир, целлюлоза, масло и т. д.), рекомендуемое назначение и порядковый номер, присвоенный данному красителю. Цвет обозначается словами. Подвижной состав городского электрического транспорта в подавляющем большинстве случаев красят пентафтальевыми эмалями. В состав этих эмалей входят синтетическая пентафтальевая смола, пигмент, растворитель и интенсификатор. Однако возможно окрашивать подвижной состав нитроэмалями и стойкими синтетическими эмалями.

Окраску производят в закрытом сухом помещении: влажность воздуха не выше 60%. Поверхность, после окраски, должна иметь привлекательный вид, приятный тон, равномерный глянец, на ней не должно быть следов подтеков краски и различных цветовых оттенков. Необходимое качество операций покраски достигается нанесением на поверхность равномерного тонкого слоя краски с последующей сушкой.

В последнее время для окраски узлов, агрегатов и деталей подвижного состава начинают применять порошковые краски, которые в сравнении с традиционными жидкими лакокрасочными ма-

териалами обладают рядом преимуществ. Отсутствие в них органических растворителей улучшает санитарно-гигиенические условия труда; пленкообразующим компонентом этих красителей являются полимеры, которые повышают защитные и физико-механические свойства покрытия. Возможность вести окраску в один слой сокращает технологический цикл окраски; снижается потеря окрасочного материала, создаются предпосылки для автоматизации нанесения покрытия.

Каждый из применяемых видов красителей имеет достоинства и недостатки, ему соответствует определенная технология работ.

Пентафтальевые эмали хорошо покрывают поверхность, создают глянец, эластичную пленку краски и не требуют полировки, однако медленно сохнут, недостаточно стойки против коррозии, не долговечны. Нитроэмали быстро сохнут (при 15—25°С время сушки слоя краски 10—15 мин), образуют стойкий глянец, но требуют больших затрат труда на полирование и имеют недостаточную антикоррозионную стойкость.

Синтетические эмали (меламиналкидные) создают наиболее устойчивый глянец, являются хорошей защитой металла от коррозии, не требуют полирования, сокращают количество слоев покрытия краской, но долго сохнут: в течение 1—1,5 ч при температуре 120—130°С.

Качество окрашенной поверхности зависит от способов окраски и сушки. В последнее время для удовлетворения требований к качеству окраски, ее долговечности и декоративности, улучшению условий труда персонала участков лакокрасочных покрытий осуществляют пневматическое и безвоздушное распыление краски различными способами. При этом сокращается число слоев краски, наносимых на покрытие, ускоряется процесс нанесения краски (в 10 раз по сравнению с окраской кистями), уменьшается расход окрасочного материала (до 30%), повышается равномерность покрытия, улучшаются защитно-декоративные свойства красителей.

Пневматическая окраска кузова ведется в распылительных камерах, так как туман из мельчайших частиц краски пожароопасен и вреден для здоровья человека. Автоматическое пневмораспыление применяют при большой программе окрасочных работ и окраске больших поверхностей (кузовов).

Для окраски отдельных поверхностей применяют краскораспылители с ограниченным туманообразованием (рис. 98).

Во всех случаях пневмораспыления перенос красителя на окрашиваемую поверхность производится струей сжатого воздуха. При безвоздушном распылении перенос и распыление красителя происходят вследствие истечения его под давлением из сопла тонкой струи.

Широкое распространение получила и *окраска в электрическом поле высокого напряжения*. Основные преимущества этого способа — возможность полной механизации процесса окраски, значительная (в 2—2,5 раза) экономия лакокрасочных материалов по сравнению с воздушным распылением красок, повышение плотно-

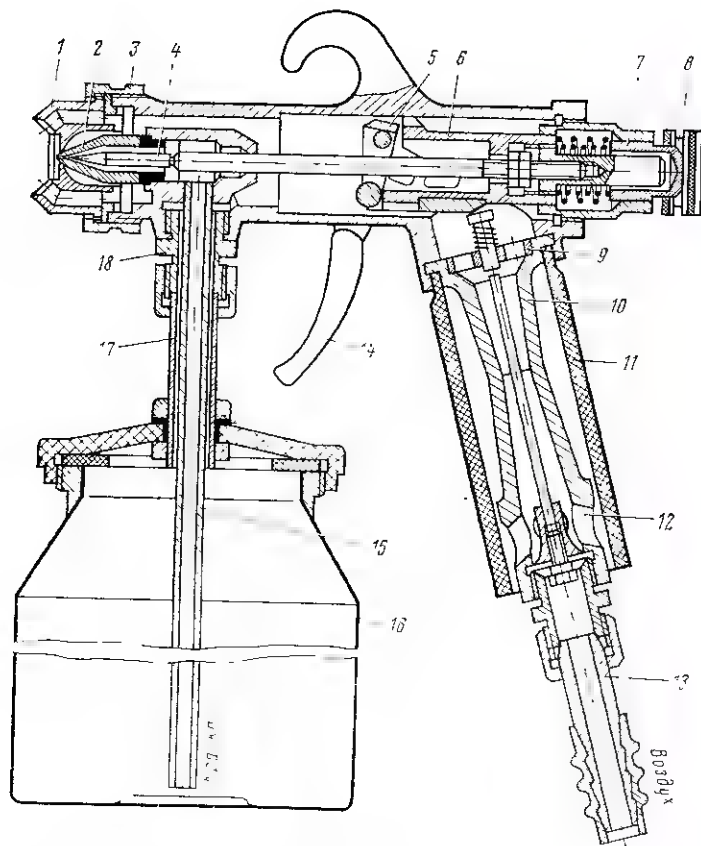


Рис. 98. Пистолет-распылитель БТО-3М:

1 — головка; 2 — сопло; 3 — факельное кольцо; 4 — игла; 5 — рычаг; 6 — затвор; 7 — регулировочная гайка; 8 — регулировочный винт; 9 — решетка; 10 — трансформатор; 11 — рукоятка; 12 — воздушное сопло; 13 — ниппели; 14 — курок включения; 15, 17 — трубки; 16 — бачок; 18 — штуцер

сти и равномерности толщины слоя покрытия, значительное улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

В основу этого способа положено физическое явление — электрофорез — перенос в электрическом поле электрически заряженных частиц. Подавая отрицательный потенциал на коронирующий электрод (головку электрораспылителя), а положительный на заземленную окрашиваемую поверхность, создают постоянное электрическое поле высокого напряжения (120—130 кВ). Частицы распыленной краски с отрицательным зарядом, попадая в поле, направляются к заземленной поверхности и осаждаются на ней плотным равномерным слоем. Сила, с которой электрическое поле действует на единицу заряда, в общем виде выражается уравнением

$$F = E_1 e,$$

где E_1 — напряженность электрического поля, В/м; e — заряд электрона, равный $4.8 \cdot 10^{-10}$ К.

Напряженность, для однородного поля, в каждой точке пространства между электродами

$$E = U/L,$$

где U — разность потенциалов между электродами, В; L — расстояние между электродами, м.

В последнее время начинается внедрение порошковых красок на основе эпоксидных, полиэфирных, полиакриловых и полиамидных смол (покрытие поручней, каркасов сидений и т. д.), обеспечивающих гигиеничность покрытий, высокую прочность и долговечность.

Сушка является самой ответственной частью технологического процесса окраски и занимает большую часть времени всего процесса. Для ускорения процесса испарения растворителя из красок и физико-химического превращения компонентов красителя в прочную, стойкую адгезионную пленку применяют искусственную сушку окрашенных поверхностей.

Широкое применение нашли два способа искусственной сушки: конвекционный — сушка ведется потоком горячего воздуха в специальных сушильных камерах и терморadiационный — сушка протекает под действием теплоизлучения окрашиваемой поверхности.

При конвекционном способе сушки нагрев внешнего слоя красителя в камере происходит благодаря его контакту с относительно равномерно распределенным подогретым воздухом. При этом с поверхности красителя улетучивается растворитель и образуется твердая пленка, препятствующая дальнейшему испарению растворителя и снижающая теплопроводность слоя краски в направлении окрашиваемой поверхности. Длительность такой сушки относительно велика, что снижает ее технико-экономическую эффективность.

Терморadiационный способ сушки обеспечивает нагрев внутреннего слоя красителя, прилегающего к поверхности, благодаря проникающей способности инфракрасных лучей.

Энергия инфракрасных лучей с длиной волны 4—5 мкм, проникая к поверхности металла, переходит в тепловую, разогревая поверхность и прилегающий слой краски. Отвердевающая пленка краски наращивается от поверхности металла, распространяясь на весь слой краски с постепенным испарением растворителя. Процесс сушки в этом случае происходит интенсивнее (в 2—4 раза), улучшается качество лакокрасочного покрытия, значительно повышается коэффициент использования производственных площадей. В качестве генератора инфракрасных лучей обычно используют ламповые излучатели и паяльные закрытого типа чугунные плиты, нагреваемые газом или электрическим током. При трубчатых электронагревателях термонизлучатель имеет параболический отражатель.

Электрическую мощность терморadiационной установки, соответствующую заданной производительности, определяют по формуле

$$P_c = \sum Q_k : 860 \eta,$$

где ΣQ — количество тепла, необходимое для компенсации тепловых потерь установки, полученное в результате теплотехнического расчета, ккал/ч; κ — коэффициент неучтенных потерь, равный 1,1—1,3; 860 — тепловой эквивалент 1 кВт·ч, ккал; η — к. п. д. излучателей, среднее значение которого равно 0,7—0,8.

Расчетное число нагревателей можно найти, если разделить электрическую мощность терморadiационной установки на мощность одного нагревателя. Действительная мощность нагревателя в нагретом состоянии меньше номинальной на величину температурного коэффициента, равную 1,027—1,12 для температуры нагревателя от 200 до 700°С; это обстоятельство учитывается при определении числа нагревателей.

При использовании сушильных камер применяют приспособления для дожигания паров растворителей, что снижает количество вредных выбросов в атмосферу.

Перспективным является разрабатываемый в настоящее время метод радиационно-химического отверждения лакокрасочных покрытий ускоренными электронами. Этот метод (электронно-лучевая сушка) обеспечивает формирование лакокрасочного покрытия за несколько секунд при высоком качестве покрытия, снижении затрат электрической энергии на сушку в 10 раз, сокращение времени сушки, уменьшение в несколько раз площади, необходимой для выполнения окраски и сушки. Для внедрения этого метода требуется создать лакокрасочные композиции на новой основе с тем, чтобы отверждение их происходило при небольших дозах облучения ускоренными электронами, и ускорители с большой силой тока пучка электронов.

51. ОЦЕНКА УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТРАМВАЯ И ТРОЛЛЕЙБУСА

Все троллейбусы и трамваи, прошедшие плановое техническое обслуживание и ремонт, подвергаются испытанию пробегом (обкатке) для приработки механизма сопряжений и оценки правильности выполненных регулировок электросиловой и тормозной системы, определения мест повышенного трения в сопряжениях тяговой передачи и т. д. Кроме субъективной оценки, которую после обкатки дают испытатели, можно получить сравнительную объективную оценку работы сопряжения основных механических узлов замером сопротивления движению эксплуатируемых единиц подвижного состава. Следует также учитывать, что уровень сопротивления движению тесно связан с величиной потребления электроэнергии для движения, так как расход ее во многом зависит от состояния узлов трения.

Сопротивление движению складывается из внешнего сопротивления, которое оказывает дорога и воздушная среда движению подвижного состава, и внутреннего, оказываемого контактирующими поверхностями сопряженных деталей подвижного состава. Состояние

рельсового пути и покрытия дорог, состояние бандажей колес трамвая и давление воздуха в шинах, рисунок протектора колес троллейбуса, а также установка управляемых колес заметно влияют на величину составляющих внешнего сопротивления движению.

Во время приработки деталей узлов и агрегатов подвижного состава внутреннее сопротивление движению несколько выше принятого для подвижного состава данного типа, что учитывается при замерах удельного сопротивления движению.

Поэтому окончание процесса приработки деталей узлов и агрегатов можно контролировать и по сопротивлению движению аналогично тому, как по величине к. п. д. судят о приработке элементов передачи.

Эксплуатационные предприятия следят за состоянием пути и дорог и принимают действенные меры по устранению выявленных неисправностей, а также контролируют соответствие техническим требованиям состояния колесных пар трамвая и шин колес троллейбуса в целях экономии расхода электроэнергии на движение и запасных частей на ремонт.

Сопротивление воздушной среды во многом зависит от аэродинамических качеств подвижного состава, поэтому оценка и прогнозирование этих параметров в процессе проектирования предшествуют окончательному конструктивному решению.

На внутреннее сопротивление движению подвижного состава оказывают влияние уровень технической культуры производства, качество технического обслуживания и ремонта, своевременность выполнения осмотров и ремонтов и в первую очередь выполнение смазочно-регулирующих работ. Уровень внутреннего сопротивления движению отражает сложившуюся в эксплуатационном предприятии полноту выполнения требований правил технической эксплуатации и проявляется интенсивностью износа деталей сопряжений, потребностью в запасных частях, объемом текущего ремонта, отказами в работе. Внутреннее сопротивление движению отражается на величине потребления электроэнергии на движение и расходах эксплуатационного предприятия.

Снижение удельного сопротивления движению на 1% обеспечивает снижение расхода электроэнергии на движение на 0,4%.

Контроль уровня внутреннего сопротивления движению удобно вести по удельным параметрам, объективно отражающим техническое состояние и исключающим учет многих сопутствующих параметров.

Так как на величину удельного сопротивления движению оказывает влияние внутреннее трение в сопряжениях вращающихся деталей ходовых узлов подвижного состава, а для троллейбуса и правильность установки управляемых колес и давление в шинах, то оценка удельного сопротивления движению позволяет косвенным образом оценивать и техническое состояние эксплуатируемого подвижного состава.

Сопротивление движению, если не учитывать сопротивление воздуха, пропорционально весу подвижного состава. Поэтому и

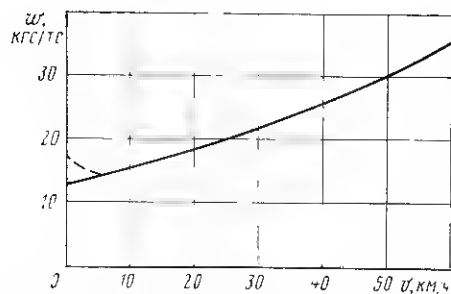


Рис. 99. Кривая изменения удельного сопротивления движению в зависимости от скорости движения

сопротивление движению экспериментальным путем. Выполненные эксперименты позволили подобрать эмпирические формулы, дающие зависимость изменения сопротивления движению от скорости (рис. 99). Некоторое увеличение удельного сопротивления (штриховая линия) в момент трогания объясняется инерцией электрического поля.

Измерение удельного сопротивления движению можно вести несколькими методами. Наибольшее распространение получили метод выбега и метод установившегося тока, которые с точностью, достаточной для целей контроля в эксплуатационных предприятиях, позволяют оценить удельное сопротивление движению.

В режиме выбега (движении по инерции) сопротивление движению равно произведению массы трамвая или троллейбуса на ускорение; основное удельное сопротивление движению при этом

$$w_0 = 1000(1 + \gamma)a,$$

где $(1 + \gamma)$ — коэффициент инерции вращающихся масс подвижного состава; a — ускорение, полученное подвижным составом перед началом движения в режиме выбега.

Зная коэффициент инерции вращающихся масс, который можно принять равным 1,15 для трамвайного вагона и 1,2 для троллейбуса, и величину пути, пройденного трамваем или троллейбусом в режиме выбега до полной остановки, а также время, затраченное на проследование этого пути, можно определить основное удельное сопротивление движению:

$$w_0 = al/t^2,$$

где l — путь выбега, м; t — время выбега, с.

Получить формулу, удобную для замера удельного сопротивления движению методом выбега, можно, преобразовав формулу основного удельного сопротивления движению: выразить ускорение через пройденный путь и время, затраченное на движение по этому пути.

Удельное сопротивление движению трамвайного вагона $w_0 = -2300 l/t$ и троллейбуса $w_0 = -2400 l/t$. Современный троллейбус имеет удельное сопротивление движению около 12,0—12,5 кгс/тс в лет-

нее время и 13,0—13,5 кгс/тс в зимнее; трамвай 3—3,5 кгс/тс в летнее время и 5,0—4,5 кгс/тс в зимнее.

Методика замера удельного сопротивления движению трамвая и троллейбуса аналогична. Для его выполнения необходим горизонтальный участок рельсового или дорожного пути протяженностью до 100 м; выполняют разметку пути с интервалом в 1 м для определения пройденного пути в режиме выбега. Испытания начинают с разгона трамвая или троллейбуса. Затем по команде испытателя переводят движение в режим выбега. Испытатель включает секундомер и одновременно фиксирует отметку пути начала выбега. При полной остановке испытываемого подвижного состава испытатель выключает секундомер и определяет по разметке длину пройденного пути. Это дает ему возможность по приведенной выше формуле определить удельное сопротивление движению. Обычно возможные варианты пройденного пути и затраты времени, рассчитанные по формулам, сводят в таблицы, которыми пользуются в процессе испытания. Таблицы позволяют, не производя расчетов, получать значение удельного сопротивления движению по установленным значениям пройденного пути и затраченного времени.

Несмотря на простоту метода, точность измерения удельного сопротивления движению не высока. Объясняется это тем, что на полученное значение удельного сопротивления движению оказывает существенное влияние опыт водителя, реакция испытателя и состояние пути, на котором производят замер. Площадка или рельсовый путь, на котором ведут замер, должны быть чистыми и строго горизонтальными, чтобы на результаты замера не накладывались искажения. Уклон в 1‰ эквивалентен удельному сопротивлению 1 кгс/тс. Целесообразность использования описанного метода также вызывает возражения из-за необходимости участия при испытаниях двух работников и значительной затраты времени на испытания. Кроме того, необходимо иметь всегда подготовленным прямолнейный участок пути. При испытании значительного количества подвижного состава возможности метода ограничены.

Метод установившегося тока свободен от многих перечисленных недостатков. Этот метод основан на том, что сила тяги троллейбуса или трамвая равна сопротивлению движению при потребляемом токе, соответствующем установившейся скорости. Кривые зависимости между установившимся током и удельным сопротивлением движения составляют предварительно и пользуются ими в процессе испытания.

Испытания проводят на горизонтальном участке пути протяженностью 15—20 м, при малых скоростях движения (3—5 км/ч) и при пониженном напряжении контактной сети (70—100 В).

Участок контактной сети, на котором проходят испытания методом установившегося тока, изолирован от общей контактной сети. Начав пуск, при выходе двигателя на автоматическую характеристику, контрольный амперметр покажет установившийся ток, по которому из кривых зависимости определяют удельное сопротивление движению. Величина его, полученная этим методом, несколько

ниже, чем методом выбега, так как потери холостого хода двигателя и тяговой передачи отражаются на величине к. п. д. двигателя. Метод установившегося тока не получил широкого распространения из-за необходимости иметь участок контактной сети, питающийся пониженным напряжением, а также набор кривых зависимости установившегося тока от удельного сопротивления движению.

Чтобы повысить эффективность процесса замера удельного сопротивления движению методом выбега время и путь, пройденный троллейбусом или трамваем в режиме выбега, фиксируют с точностью до долей секунды и сантиметров системой датчиков, передающих информацию в блок решения БР (рис. 100). Блок решения выдает информацию о величине удельного сопротивления движению в печатном виде. Одновременно блок цифровой индикации высвечивает информацию для визуального наблюдения. Датчики смонтированы вдоль контактной сети. В испытании участвуют один оператор и водитель-испытатель. Чтобы производить замеры, необходимо включить выключатели В1 и В2 — установка будет готова к проведению замеров. Датчик АД подает на вход усилителя У сигнал, который с выхода усилителя поступает на обмотку реле Р2. Реле сра-

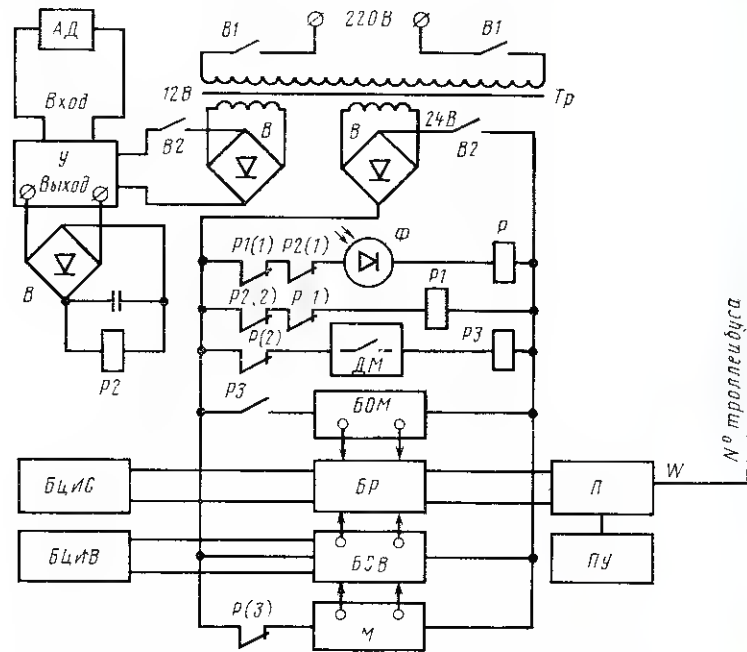


Рис. 100. Принципиальная схема устройства для автоматического замера удельного сопротивления движению:

АД — акустический датчик; Ф — фотоэлемент; ДМ — датчик метража; БОМ — блок отсчета метража и времени; БР — блок решения; М — мультивибратор; БЦИС — блок цифровой индикации сопротивления движению; БЦИВ — блок цифровой индикации времени; П — печатающее устройство; У — усилитель; В — выключатель; Тр — трансформатор; ПУ — пульт управления

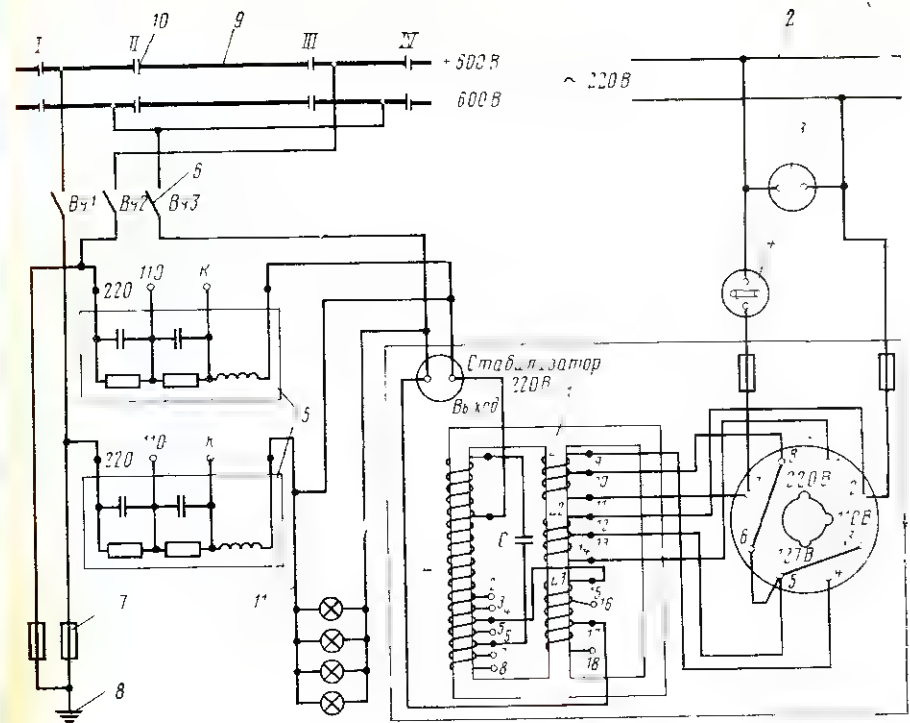


Рис. 101. Принципиальная схема устройства для замера удельного сопротивления движению методом разности скоростей в режиме выбега:

1, II, III, IV — секционные изоляторы контактной сети; 1 — стабилизатор напряжения; 2 — сеть переменного тока; 3 — разъем; 4 — выключатель стабилизатора; 5 — электросекундомер; 6 — выключатель секундомера; 7 — пробивной предохранитель; 8 — заземляющее устройство; 9 — контактная сеть; 10 — секционный изолятор; 11 — электрические лампы

батывает, и его контакты, замкнувшись, готовят к работе реле Р и Р1. При проезде троллейбуса через секционированный участок контактной сети сопротивление фотоэлемента Ф резко уменьшится и через обмотку реле Р пойдет ток, реле сработает и своими контактами переключит реле Р3 (начало и конец замера удельного сопротивления движению).

Применение элементов электроники позволило использовать для замера удельного сопротивления движению метод, основанный на учете разности скоростей, на участке выбега (рис. 101). В этом случае замеряется время движения троллейбуса (трамвая) в режиме выбега по протяженности отрезков контактной сети в начале и конце участка испытания. В контактные провода устанавливают по четыре секционных изолятора. Проезд изолированных участков контактной сети вызывает автоматическое включение и выключение сначала одного, затем другого электросекундомеров. Показания секундомеров поступают в блок решения, который выдает информацию об удельном сопротивлении движению.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

52. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ

Наличие скрытых дефектов в деталях новых, с износом, но находящихся в пределах допуска и восстановленных тем или иным способом создает предпосылки к возникновению отказов в работе узлов и агрегатов. Методы и приемы контроля качества без разрушения изделия позволяют, в большинстве случаев, исключить использование деталей со скрытыми дефектами. Методы неразрушающего контроля качества группируют по способу обнаружения дефектов. Широкое распространение получили визуальные (оптические, проникающие, голографические), акустические (ультразвуковые), электромагнитные (токовые, волновые, диэлектрические), термические (инфракрасные) и проникающие (рентгеновские, изотопные) методы контроля. Эти методы позволяют оценить параметры состояния поверхности детали, форму и геометрические размеры, величины напряжений и прочностные характеристики, концентрацию напряжений и зарождение трещин, однородность структуры и многое другое, что характеризует качество детали.

Контрольные испытания производятся для выявления дефектов сборки, оценки правильности взаимодействия деталей в сопряжениях, контроля состояния отдельных элементов или конструкций в целом, а также для оценки соответствия испытуемого изделия техническим требованиям. В целях достижения большей уверенности в полученных результатах испытания обычно моделируют условия эксплуатационной работы. Результаты, полученные методом ускоренных испытаний, не всегда отражают картину явлений, складывающуюся в реальных условиях эксплуатации. Применимость методов ускоренных испытаний зависит от того, насколько достоверно установлено соответствие условий моделирования при ускоренных испытаниях реальным условиям эксплуатации.

При испытаниях часто создают условия более тяжелые и сложные, чем те, которые могут складываться в реальной обстановке, и на основании полученных результатов выносят суждение о запасе прочности, устойчивости, либо других физических характеристиках. Выявленные в процессе испытания дефекты устраняют, что повышает работоспособность и надежность испытываемых узлов и агрегатов.

Контроль и испытание качества деталей, узлов и агрегатов являются составной частью технологии ремонта и одной из ответст-

венных ее операций; они должны сопровождать ремонтируемые детали или узлы с момента их поступления для ремонта до момента сдачи готовой продукции. Правильно поставленный контроль и испытание качества являются важными факторами повышения работоспособности и технико-экономической эффективности используемых деталей и узлов после ремонта.

Контроль и испытание можно выполнять внешним осмотром, проводить с помощью различных приспособлений и измерительных инструментов, а также специально созданных стендов и устройств.

Процесс контроля качества деталей после разборки позволяет распределить их на группы: пригодные к использованию, если геометрические размеры этих деталей находятся в пределах допуска; пригодные к использованию после соответствующих операций восстановления, если запас прочности у них еще достаточен для надежной работы; пригодные для использования по иному целевому назначению после выполнения над ними определенных технологических операций; подлежащие передаче в металлолом. Например, ось подвижного соединения в зависимости от состояния может быть повторно использована непосредственно или после операций восстановления, а также может быть использована для изготовления оси другого назначения или списана в металлолом, если нет возможности ее использовать.

В результате испытаний определяют качественное состояние узла или агрегата и его способность нормально функционировать до следующего планового ремонта, предусмотренного принятой системой, и обеспечивать требуемый уровень надежности.

Виды и способы контроля и испытаний зависят от уровня ответственности детали или узла в общей системе работоспособности подвижного состава, от используемого материала, технических требований, развития производственных мощностей и многих других факторов и условий, присущих конкретному эксплуатационному предприятию. Требования на контроль и испытания определены техническими условиями, в которых указаны предельный износ, допускаемые отклонения формы деталей, качество поверхности, параметры работоспособности и т. д. Технически грамотно выполняемые на предприятии контроль и испытания являются гарантией высокого качества работ.

53. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Инструментальный контроль ведут, используя широко распространенный мерительный инструмент либо специально изготовленные шаблоны.

Контроль отверстий деталей и узлов осуществляется в связи с тем, что в процессе работы изменяются их размеры и форма. Для определения овальности и конусности проверяют размеры отверстий в двух взаимно перпендикулярных и взаимно параллельных плоскостях, используя обычные измерительные инструменты:

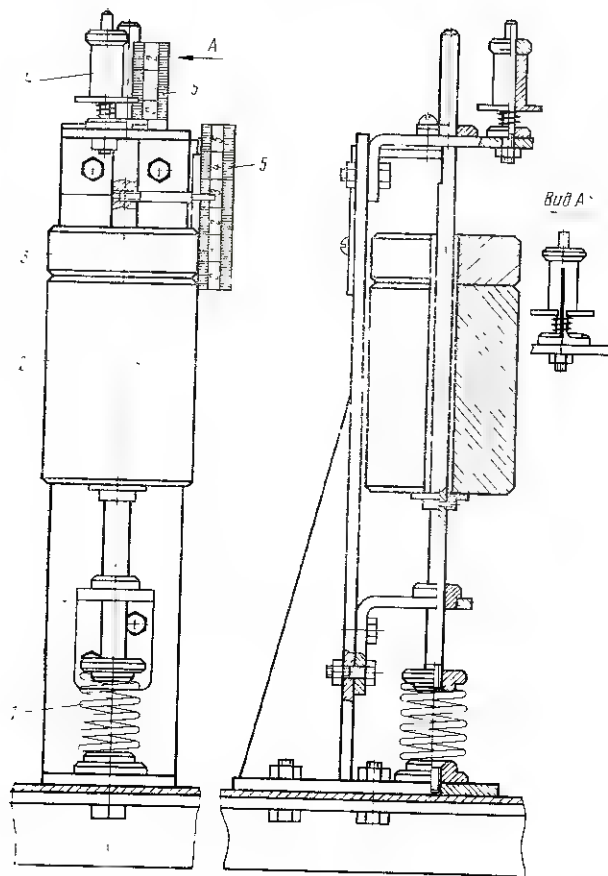


Рис. 102. Приспособление для контроля упругости пружин:
1 — пружина; 2, 3, 4 — калиброванные грузы; 5 — шкалы

индикатор, штихмасс, штангенциркуль или гладкие калибры (пробки). У менее ответственных отверстий измеряют наибольший диаметр для оценки его соответствия предельно допустимому размеру.

Контроль сопрягаемых поверхностей валов выполняют с целью определения износа шлицев, шпоночных канавок, резьбовых поверхностей, посадочных мест подшипников; при этом используют микрометры, индикаторы и предельные инструменты (скобы, калибры и шаблоны). Применение последних позволяет повысить производительность труда и не требует высоких профессиональных навыков при контроле, так как при этом получают однозначный ответ: «годен» или «не годен».

На подвижном составе широко применяются упругие элементы в виде витых цилиндрических пружин, работающих на сжатие и растяжение. От их работоспособности зависит исправная работа многих узлов троллейбуса и трамвая. Витые пружины работают: на сжатие или растяжение, воспринимая продольно-осевую нагрузку; на кручение, воспринимая нагрузку пары сил, действующей в

плоскости, перпендикулярной оси пружины; на комбинированные нагрузки.

Контроль состояния пружин проводится для определения их упругости и соответствия требуемым линейным размерам. Эти размеры могут изменяться в процессе эксплуатации от накопления остаточных деформаций и температуры. Для контроля упругости пружин служат специальные приспособления (например, рис. 102), позволяющие измерять длину пружины под воздействием тарированных нагрузок. Длину пружины в свободном состоянии измеряют инструментами для замера длин (линейкой, штангенциркулем и т. д.).

Плоские упругие элементы также подвергаются инструментальному контролю. Особенно важен контроль листовых рессор. Параметры упругих элементов связаны между собой соотношением

$$P = fc - f : \lambda,$$

где P — нагрузка на упругий элемент, кгс; f — прогиб упругого элемента под нагрузкой, мм; c — жесткость упругого элемента, кгс/мм; λ — гибкость упругого элемента, мм/кгс.

Прогиб характеризуется линейной величиной, соответствующей ее техническим условиям обеспечивает надежную работу упругого элемента. Замер прогиба ведется шаблоном либо измерительным инструментом. Контроль жесткости листовых упругих элементов (рессор) выполняется на специальном стенде (рис. 103).

Контроль подшипников качения должен проводиться во всех случаях, когда в соответствии с принятой системой ремонта подшипниковый узел разбирают. После тщательной промывки подшипника осматривают внешние и внутренние кольца, шарики или ролики, сепараторные кольца и поверхности качения, чтобы выявить видимые дефекты; наиболее часто встречаются трещины колец, выкрашивание на беговых дорожках или шариках, разрушение сепараторов. Подшипники качения с такими повреждениями не могут быть использованы в узлах троллейбуса и трамвая.

Если нет видимых дефектов, подшипники качения проверяют на легкость вращения от руки. При этом должен наблюдаться слабый шум и ровный ход без каких-либо заеданий. Подшипники качения, имеющие осевые и радиальные зазоры, бракуют. Контроль осевых люфтов шариковых подшипников выполняют на специальных приспособлениях (рис. 104). Наружное кольцо подшипника устанавливают на опорную плоскость, а внутреннее закрепляют на ползуне приспособления. Игла индикатора касается нижнего торца ползуна и при перемещении его под действием приложенной силы, преодолевающей сопротивление пружины 8 ползуна, нижний торец давит на иглу 5 индикатора (рис. 104, б). Возвратное движение кольца выполняется под воздействием опорной пружины 8, а стрелка индикатора указывает величину осевого зазора подшипника.

Радиальный зазор также можно измерить индикатором, если в приспособление поместить подшипник, надетый на оправку

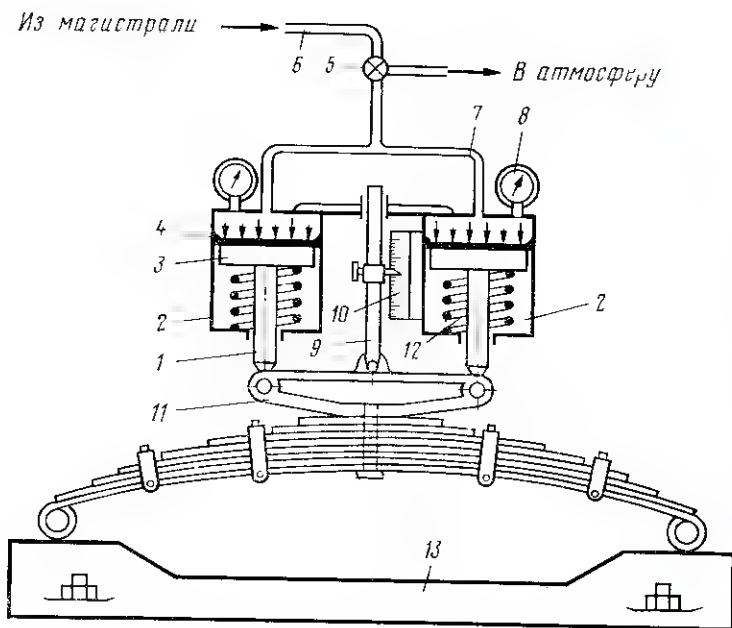


Рис. 103. Стенд для проверки жесткости рессор:

1 — шток; 2 — пневмоцилиндры; 3 — поршень; 4 — манжеты поршней; 5 — трехходовый кран управления; 6, 7 — трубопроводы; 8 — манометры контроля давления; 9 — шток; 10 — шкала замера линейных перемещений штока; 11 — колыбель; 12 — пружина; 13 — основание

(рис. 104, а). Игла индикатора подводится к наружному кольцу; прикладывая к нему усилия в направлении иглы индикатора, определяют радиальный зазор.

Контроль шестерен ведется как осмотром, так и замерами. К повреждениям шестерен относятся выкрашивания на поверхности зубьев, отколы и трещины, износ зубьев и износ шлицевых или шпоночных канавок. Осмотром выявляют видимые неисправности. Шпоночные канавки и шлицевые впадины контролируют

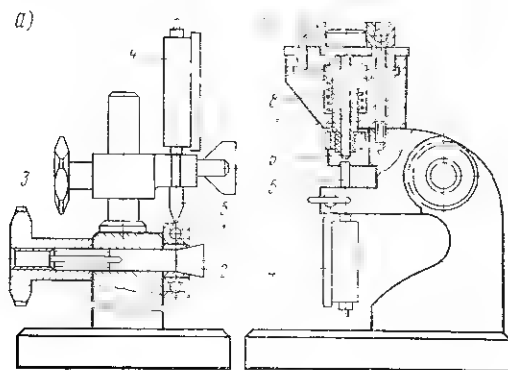


Рис. 104. Установка для контроля радиального (а) и осевого (б) зазоров в подшипниках качения:

1 — резная втулка, на которую надевается контролируемый подшипник; 2 — конус; 3 — гайка конуса; 4 — индикатор; 5 — игла индикатора; 6 — ползун; 7 — направляющие; 8 — пружина

листовыми пробками и шаблонами, а износ зубьев определяют шаблонами, штангензубомером или оптическим зубомером. Контролю на износ подвергают три произвольно выбранных зуба, расположенных под углом 120° .

54. ДЕФЕКТОСКОПИЯ

Надежность ответственных деталей конструкции троллейбуса и трамвая имеет прямую связь с безопасностью движения. Поэтому чрезвычайно важно выявить скрытые дефекты (поверхностные и внутренние трещины, раковины и т. д.).

Дефектоскопия — распространенный вид методов неразрушающего контроля качества изделий. Каждый из рассматриваемых ниже методов имеет свои достоинства и недостатки, применение определенного метода зависит от уровня «ответственности» детали, ее геометрической формы и размеров, технических возможностей самого метода и степени оснащенности эксплуатационного предприятия необходимым контрольным оборудованием.

Магнитная дефектоскопия получила наибольшее распространение при контроле качества деталей подвижного состава. Этот метод требует применения сложной аппаратуры, больших затрат времени и обеспечивает достаточно высокую точность результатов. Магнитная дефектоскопия применяется преимущественно для обнаружения поверхностных трещин, не исключено также выявление и внутренних дефектов. Метод основан на том, что магнитная проницаемость в зоне трещин или инородных включений из-за воздушного промежутка или инородного включения отличается от магнитной проницаемости однородного материала детали. В результате этого в зоне трещины изменяется не только величина, но и направление магнитного потока, что позволяет обнаружить дефект по картине расположения магнитного порошка над ним. Чувствительность этого метода зависит от силы тока (рис. 105), размера фракций порошка, контрастности дефекта, способа нанесения порошка и намагничивания детали.

Если для обнаружения дефектов поверхности вид тока и состояние, в каком используется маг-

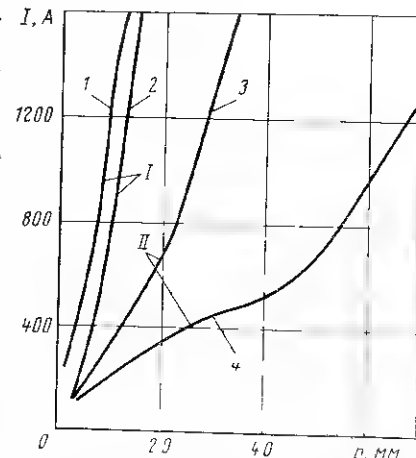


Рис. 105. Зависимость силы тока I , необходимой для выявления скрытого дефекта, от глубины его залегания при намагничивании перемешанным (кривые I) и постоянным (кривые II) током: в случае использования сухого порошка (кривые 2 и 4) и сухого порошка (1 и 3)

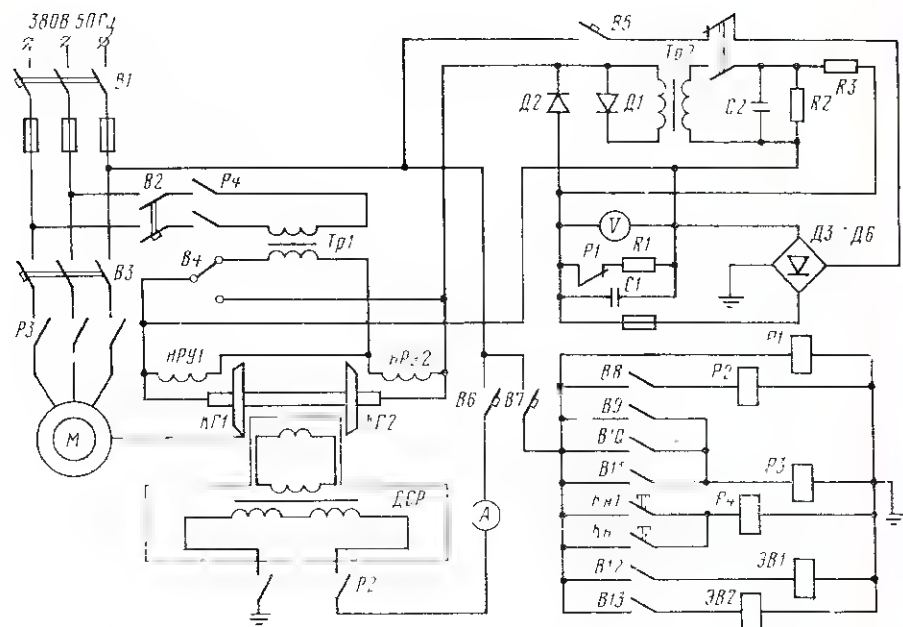


Рис. 106. Принципиальная электрическая схема установки магнитной дефектоскопии

нитный порошок, значения не имеют, то для выявления внутренних дефектов предпочтительнее пользоваться постоянным током и применять сухой порошок, а не суспензии. Эти рекомендации обусловлены тем, что для достижения аналогичного результата сила постоянного тока должна быть в 4—5 раз меньше, а возможность перемещения ферромагнитных частиц в суспензии несколько ограничена из-за вязкости среды. Если ферромагнитный порошок подкрасить люминесцентными красками, то чувствительность возрастает.

Разрешающая способность порошковой дефектоскопии при контроле дефектов, расположенных не на поверхности, а внутри детали, зависит от глубины залегания дефекта. Например, трещину, расположенную на глубине $h = 15$ мм, можно распознать, пользуясь порошковым методом, только при ее ширине не менее 1 мм.

Шероховатые и грубо обработанные поверхности искажают картину расположения магнитных силовых линий и поэтому выявление дефектов на таких поверхностях затруднено. Гладкие, чистые, блестящие поверхности резко поднимают эффективность метода и его разрешающие способности.

Ферромагнитный порошок наносят на деталь в виде суспензии, состоящей из смеси порошка с маслом или керосином при соотношении объемов 1 : 30 или 1 : 50.

Для создания достаточного магнитного поля в зависимости от поперечного сечения детали требуется ток 200—300 А. Магнитное

поле можно создавать как постоянным, так и переменным током. Однако метод применим только для ферромагнитных материалов, хорошо выявляет только трещины на поверхности или не глубоко под ней и мало пригоден для контроля деталей сложной формы. Деталь после контроля необходимо размагнитить. Результат контроля методом магнитной дефектоскопии представляется возможным записать на магнитную ленту, так как ферромагнитные зерна на ленте (выступают в роли, аналогичной порошку) намагнитятся соответственно распределению магнитного поля на поверхности контролируемой детали. Использование магнитной ленты обеспечивает высокую производительность, не требует дополнительных затрат времени и труда для обработки результатов; время, необходимое для записи, незначительно. На рис. 106 изображена принципиальная электрическая схема устройства для дефектоскопии оси колесной пары трамвая.

Магнитная дефектоскопия может осуществляться индукционным методом — без применения ферромагнитного порошка. Метод основан на возможности регистрации возникающих в индукционных катушках э. д. с. при изменении магнитного потока в зоне дефекта детали. При перемещении индукционной катушки вдоль контролируемой детали (которая намагничивается переменным током) возникающий в катушке ток индукции регистрируется сигнальными приборами, что и указывает на наличие дефекта. Недостаток метода — его низкая чувствительность к мельчайшим дефектам из-за незначительных изменений магнитного потока.

Для контроля дефектов деталей из цветных и немагнитных металлов используют вихревые токи, которые позволяют определять не только дефекты деталей, но и такие данные, как электропроводимость, структура и др. Индикатором контрольных приборов, использующих вихревые токи, является электронно-лучевая трубка. По светящемуся сигналу на экране трубки, который появляется под воздействием импульсов измерительных катушек дефектоскопа, представляется возможным определять дефекты и характеристики материала детали (омическое сопротивление). Сложность устройства и высокая скорость получения необходимой информации определили преимущественное применение этого метода в массовом производстве.

Люминесцентная дефектоскопия позволяет осуществлять контроль качества деталей, изготавливаемых не только из ферромагнитных, но и из цветных и немагнитных материалов. Метод основан на возможности регистрации силы излучения люминесцирующих компонентов, расположенных в кратерах разрушения. Свечение люминофоров достигается при воздействии на них видимого света, невидимых ультрафиолетовых лучей, рентгеновских и γ -лучей, а также α - и β -частиц.

На обезжиренную деталь наносят раствор, содержащий люминофоры (смесь красителей с трансформаторным маслом, керосином или бензином). Затем этот раствор удаляют струей воды и сушат детали подогретым воздухом. После этого деталь припуд-

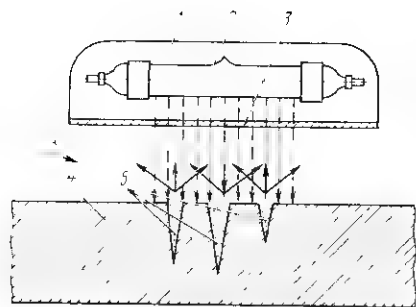


Рис. 107. Схема, поясняющая люминесцентный метод выявления поверхностных дефектов деталей.
1 — рефлектор; 2 — ртутно-кварцевая лампа; 3 — светофильтр; 4 — деталь; 5 — дефекты поверхности. А — направление осмотра детали

ривают сухим порошком силикагеля, который впитывает оставшийся в трещинах и раковинах раствор, и облучают ртутно-кварцевой лампой (рис. 107). При облучении раствор, впитавшийся из полости дефекта в порошок, начнет светиться ярким желто-зеленым светом и обозначит место и конфигурацию дефекта детали.

Чувствительность метода зависит от применяемого люминесцирующего вещества, смачивающей способности раствора, мощности облучателя и других факторов. Люминесцентная дефектоскопия позволяет обнаруживать трещины шириной от 0,1 мм и

глубиной 0,02 - 0,03 мм, расположенные на поверхности. Люминесцентный метод дефектоскопии по сравнению с магнитным порошковым имеет значительно большую чувствительность.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на способности ультразвуковых колебаний (упругие колебания с частотами свыше 20 000 Гц) отражаться от границ поверхности материала с неоднородными включениями или дефектами в нем. Этим методом можно контролировать качество как черных и цветных металлов, так и неметаллических материалов. С помощью ультразвуковых колебаний обнаруживают дефекты размером до 3 мм² на глубине до 1 м.

Чувствительность приемного устройства ультразвукового дефектоскопа значительно снижается по мере уменьшения частоты колебаний, однако по мере снижения частоты колебаний снижается поглощение и рассеяние звуковой энергии, что повышает резкость приема. Поэтому очень важен подбор частоты при ультразвуковой дефектоскопии.

Контроль деталей ультразвуковым методом может вестись способом выявления звуковой тени или регистрации отраженной волны (звукового эхо).

В состав установки (рис. 108) ультразвуковой дефектоскопии входят: генератор импульсов для возбуждения пьезодатчика щупа-вибратора; приемно-усилительное устройство с пьезоэлементом щупа-резонатора для приема ультразвукового сигнала и электронно-лучевая трубка с горизонтальной разверткой сигнала.

Если деталь обследуют пьезодатчиками щупа-вибратора и щупа-резонатора, расположенными в одной плоскости, то используют способ «звукового эхо» (рис. 109), если пьезодатчики расположены один против другого, то применяют способ «звуковой тени» (рис. 110). При помощи теневых дефектоскопов можно вы-

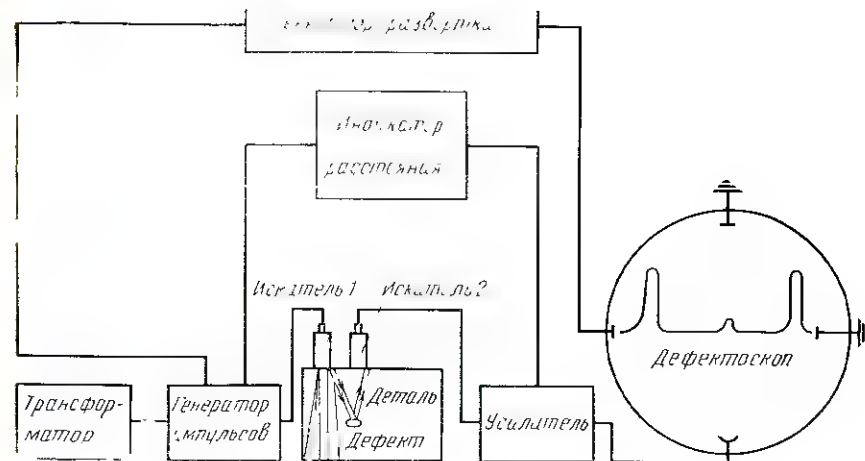


Рис. 108. Структурная схема установки ультразвуковой дефектоскопии

являть пороки и дефекты не только базисных деталей, но и плотность нанесения защитных покрытий. Этот метод позволяет также выявлять расслоение элементов корда покрышек колес троллейбусов.

Импульсные дефектоскопы с регистрацией отраженных сигналов, снабженные электронным глубиномером, позволяют точно определять глубину расположения дефекта. Разрешающая способность ультразвуковых дефектоскопов, работающих на принципе приема отраженных сигналов, значительно выше, чем у дефектоскопов, использующих принцип «звуковой тени».

Основным недостатком ультразвукового контроля различных деталей является сложность настройки устройства для дефекто-

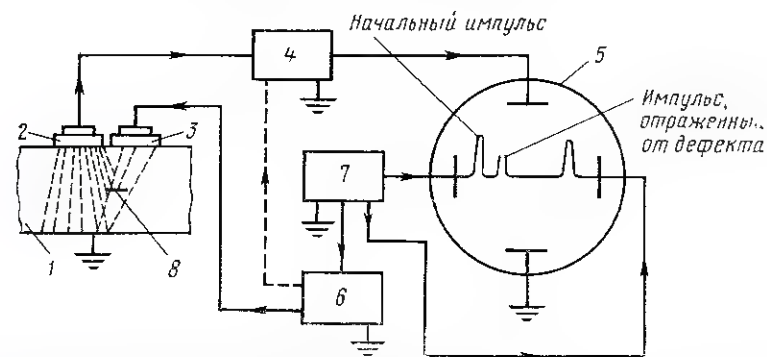


Рис. 109. Типовая схема дефектоскопа, работающего на принципе отражения ультразвуковых волн («звуковое эхо»):

1 — контролируемая деталь; 2 — приемный щуп дефектоскопа; 3 — пьезоэлектрический излучатель (щуп); 4 — усилитель сигнала; 5 — электронно-лучевая трубка; 6 — импульсный генератор; 7 — генератор развертки; 8 — дефект детали

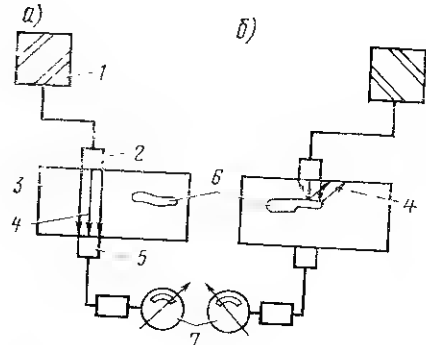


Рис. 110. Типовая схема дефектоскопа, работающего на принципе «звуковой тени»;

a — дефект в детали не обнаружен, b — дефект обнаружен; 1 — ультразвуковой генератор; 2 — пьезоэлектрический излучатель; 3 — деталь; 4 — ультразвуковые волны; 5 — пьезоэлектрический приемник координат; 6 — дефект детали; 7 — регистрирующий прибор.

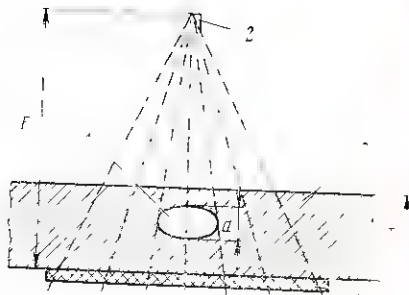


Рис. 111. Принципиальная схема просвечивания детали

1 — дефект детали; 2 — источник излучения; 3 — преломляющаяся деталь; 4 — плоскость проекции и результатов просвечивания; Г — расстояние от источника излучения до плоскости; D — размер детали по радиусу излучения; а — размер дефекта

скопии отличающихся по форме деталей и невозможность контролировать детали сложной формы.

Рентгеновский метод дефектоскопии предусматривает просвечивание детали рентгеновскими лучами с целью получения на экране или на фотопленке изображения скрытого дефекта в материале детали (рис. 111). Трудоемкость работ и сложность аппаратуры не позволяют при ремонте и техническом обслуживании подвижного состава пользоваться этим способом. Однако для контроля сварных швов метод получил широкое распространение. Основными дефектами сварных швов являются непровары, шлаковые включения, пористость и трещины, выявить которые достаточно сложно. Контроль качества ответственных сварных швов выполняется преимущественно этим методом, для чего имеются специализированные лаборатории, снабженные портативными рентгеновскими установками. Чувствительность такой установки зависит от свойства просвечиваемого материала и применяемой аппаратуры. Для массивных деталей пользуются γ -лучами, источником излучения которых являются специальные ампулы, содержащие радиоактивные вещества. Оценки качества при рентгено-скопии выдаются в процентах по отношению к геометрическим размерам дефекта и площади контроля по направлению рентгеновских лучей.

Кратко изложенные методы неразрушающего контроля качества обладают разной степенью эффективности и экономичности в зависимости от области применения. Поэтому выбор метода дефектоскопии должен сопровождаться анализом целесообразности и эффективности.

55. ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Контроль состояния отдельных узлов и агрегатов, прошедших ремонт, перед их установкой на троллейбус и трамвай и проверка их работоспособности во взаимодействии с другими агрегатами подвижного состава и особенно узлов, обеспечивающих безопасность движения, имеют первостепенное значение.

Во многих случаях работоспособность узлов, агрегатов и подвижного состава в целом устанавливают путем натуральных испытаний. Одним из видов общих натуральных испытаний является обкатка прошедшего ремонт троллейбуса или трамвая при пробеге не менее 25 км. Выявленные в результате обкатки дефекты устраняют, выполняя ремонт или регулировки. Для исключения повторного ремонта натурным испытаниям должны предшествовать испытания отдельных узлов и агрегатов на специальных испытательных установках.

При испытаниях проверяют, соответствует ли отремонтированное механическое оборудование техническим требованиям, предъявляемым к нему.

Так, ведомый мост и рулевое управление троллейбуса испытывают на легкость управления, что зависит от установки управляемых колес, сборки сопряжений, от суммарного зазора всей кинематической цепи штурвал — ведомые колеса. Испытания проводятся как на троллейбусе, находящемся в вывешенном состоянии, так и при его движении. Усилие, прилагаемое к рулевому колесу, при усилениях руля не должно превышать 4 кгс, а свободный ход рулевого колеса не должен быть больше 15°. Необходимо постоянно контролировать соответствие углов установки управляемых колес техническим требованиям, так как от этого зависят не только технико-экономические показатели работы предприятия (расход электроэнергии, износ шин), но и безопасность движения. Контроль ведется как мерными линейками, так и на специальных стендах, выпускаемых промышленностью. На этих стендах определяют либо боковые силы, возникающие при взаимодействии управляемых колес троллейбуса с беговыми барабанами, что имитирует картину движения, либо углы развала колес и наклона шкворней. Эти углы индивидуальны для каждого троллейбуса и их правильная установка является ответственной операцией.

Тяговая передача должна без ударов и шума приводить во вращение колеса ведущего моста. Общий угловой зазор тяговой передачи не должен превышать $10-12^\circ$, температура масляной ванны в постоянном режиме ра-

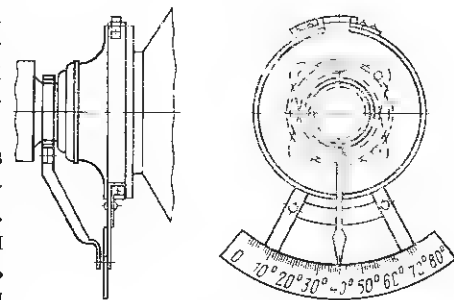


Рис. 112. Люфтомер

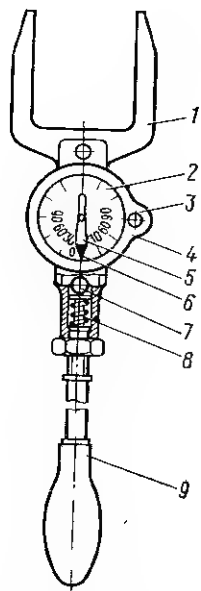


Рис. 113. Измеритель суммарных люфтов в агрегатах силовой передачи:

1 — вилка; 2 — шкала; 3 — ушко для поворота шкалы; 4 — корпус счетного устройства; 5 — стрелка; 6 — груз стрелки; 7 — шарик; 8 — пружина; 9 — рукоятка

подвижного состава на специализированные посты в зоны ремонта для выполнения регулировочных работ с последующим повторным испытанием.

Разработанные и применяемые в настоящее время динамические стенды позволяют косвенным путем по величинам замедления, тормозного усилия и времени срабатывания дать объективную оценку состояния тормозной системы. В соответствии с инструкцией по эксплуатации подвижного состава водитель обязан при выезде из депо для работы на маршруте проверить состояние тормозной системы на первом километре пути.

Статические и динамические стенды контроля состояния тормозных устройств позволяют давать оценку необходимых параметров тормозных систем. Сопоставляя тормозное усилие с тяговым, развиваемым электродвигателем при заторможении состояния трамвая, возможно в условиях стендовых испытаний получать оценку тормоза: «исправен» или «неисправен». По замеряемым магнитным и электрическим параметрам трансформаторных датчиков можно вести контроль эффективности действия электромагнитных рельсовых тормозных устройств трамвая.

Стенды для динамических испытаний, имитирующие картину движения троллейбуса, позволяют определять не только тормоз-

боты 70—80° С. Работоспособность по суммарному угловому зазору оценивают с помощью люфтомера (рис. 112) или приспособления для измерения суммарных люфтов (рис. 113).

При обкатке подвижного состава также дается оценка работоспособности передачи на основе субъективных выводов водителя, проводящего обкатку.

Испытания работы тормозной системы ведут на площадках замера тормозного пути либо приборами, фиксирующими величину замедления. И в том и в другом случае, замерив тормозной путь, замедление, тормозное усилие и время срабатывания тормозных устройств, определяют соответствие состояния тормозной системы техническим требованиям. Тормозной путь троллейбуса не должен превышать 11 м при скорости начала торможения 30 км/ч и для трамвая 7 м при экстренном торможении.

Чтобы установить тормозной путь, необходимы специальные площадки, создать которые не всегда возможно в эксплуатационных предприятиях. Кроме того, после испытания на площадке часто возникает необходимость в перегоне

ные, но и тяговые характеристики. Беговые барабаны стендов являются как бы «бегущей дорогой» при неподвижном троллейбуса. Беговые барабаны, на которых покоятся колеса троллейбуса, разгоняют до частоты вращения, соответствующей частоте вращения колес троллейбуса при скорости начала торможения (оговорена в технических условиях). Заблокировав колеса троллейбуса, электроизмерительные устройства стенда выдают информацию о соответствии контролируемых параметров требованиям технической эксплуатации. При выполнении испытаний на стенде производят регулировку тормозной системы, доводя ее параметры до нормы.

Проводят гидравлические и пневматические испытания трубопроводов и узлов, высокая герметичность которых обусловлена техническими требованиями. По постоянству величины созданного давления, контролируемого приборами, или по наличию утечки воды или воздуха, определяемой визуально или на слух, определяют наличие или отсутствие дефектов. Появление при гидравлических испытаниях «слезок» (выступившие мелкие капельки воды в местах дефекта) и при пневматических испытаниях «мыльных пузырей» на обмыленных участках свидетельствует о наличии неисправности и необходимости устранения ее до начала эксплуатации.

Для контроля состояния подвески подвижного состава при испытаниях определяют геометрические размеры элементов подвески, зазоры, упругие свойства элементов, оценивают колебания поддресорных и неподдресорных масс. Состояние рессорного подвешивания троллейбуса и трамвая оценивают по вынужденным колебаниям либо по собственным колебаниям кузова, покоящегося на подвеске.

Колебания кузова создают специальными устройствами — нагрузчиками, принудительно воздействующими на систему подвески. Регистрируют колебания записывающие устройства стендов. Нагрузчики могут быть механическими, гидравлическими, пневматическими и электрическими.

Пневматическое оборудование испытывают на производительность и своевременность включения компрессора в работу при снижении давления в системе. Испытания ведут на стендах по приборам контроля давления и секундомеру.

Гидроусилитель рулевого механизма троллейбуса — ответственный узел, он непосредственно связан с обеспечением безопасности движения, поэтому после ремонта обязательно проводят его контрольные испытания. На специальном или комплексном стенде испытывают насос совместно с гидроусилителем руля.

Насос, подающий масло в гидроусилитель, должен обеспечивать подачу 55—65 л/мин, что соответствует давлению 20 кгс/см².

Электрическая аппаратура перед установкой на троллейбус и трамвай проходит испытания и регулируется на срабатывание при заданных значениях тока или напряжения. При испытаниях подвижного состава проверяют развертку групповых аппаратов и

четкость включения отдельных электрических аппаратов в соответствии со схемой включений. Тяговые и вспомогательные электрические машины проходят испытания по окончании ремонта и поэтому после установки на подвижной состав их специальным испытаниям не подвергают. Во время натурных испытаний проверяют только их общую работоспособность и уровень обеспечения заданных требований.

Измерение сопротивления изоляции проводов отдельных электрических цепей выполняют с помощью мегомметра. Замеряют сопротивление изоляции отдельных проводов и по отношению к земле при снятом напряжении питания.

Измерение сопротивления изоляции иногда дублируют испытанием ее на диэлектрическую прочность. Испытание ведут переменным током промышленной частоты при повышении напряжения (мощность 2-3 кВА). Эти испытания чаще выполняют для определения места неисправности изоляции.

36. БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

Вибрация быстровращающихся деталей, зависящая от величины сил неуравновешенности этих деталей, отражается на долговечности работы сопряжений узла. Вибрация деталей вызывает дополнительные нагрузки на саму деталь и на сопряженные с ней детали. Неуравновешенность детали возникает вследствие недостаточного качества обработки и изготовления, неравномерной плотности материала, погрешностей сборки: перекосы и смещения.

Всякая неуравновешенность вращающейся детали вызывает появление центробежной силы, проявляющейся в виде вибрации детали. Величина вибрации зависит от массы детали и частоты ее вращения.

Центробежную силу при вибрации детали можно определить по формуле

$$I = m r \omega^2 = \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 \frac{Q r}{g},$$

где m — неуравновешенная масса, Q/g , кг; Q — вес вращающейся детали, кгс (Н); r — смещение центра тяжести, мм; g — ускорение силы тяжести, мм/с²; n — частота вращения, об/мин; ω — угловая скорость, рад/с.

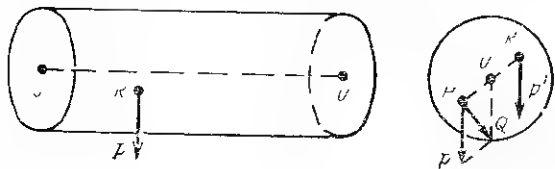


Рис. 114. Схема статической неуравновешенности детали

Неуравновешенность деталей бывает трех видов.

Если центр тяжести всей детали K (рис. 114) смещен относительно оси вращения OO , то деталь всегда стремится под воздействием возмущающей силы P , отстоящей от оси вращения на расстоянии OK , повернуться так, чтобы занять статически устойчивое положение. Неуравновешенность этого вида может быть обнаружена на детали, если созданы условия для того, чтобы ее центр тяжести занял крайнее нижнее положение. Такая неуравновешенность называется *статической*.

Если центры тяжести отдельных частей детали K_1 и K_2 (рис. 115) лежат в одной плоскости с осью вращения и смещены относительно нее на равные расстояния, возмущающие силы P_1 и P_2 равны, то общий центр тяжести детали останется на оси вращения OO и деталь будет статически уравновешена. При вращении возникнет возмущающая пара сил K_1P_1 и K_2P_2 , которая вызовет вибрацию. Такая неуравновешенность носит название *динамической*.

Если центры тяжести отдельных частей детали лежат в разных плоскостях с осью вращения, или находятся на разных расстояниях от оси вращения, либо возмущающие силы различны по величине, то будет иметь место *общая неуравновешенность* — статическая и динамическая. При динамической неуравновешенности чем больше плечо возмущающей пары сил, тем больше динамическая неуравновешенность и возмущающий момент:

$$M = IL = QrL\omega^2; 2g,$$

где I — центробежная сила, кгс; L — расстояние между парой сил, создающих вращающий момент, м.

Динамического уравновешивания детали добиваются, создавая дополнительную пару сил с помощью уравновешивающих грузов. При общей неуравновешенности детали можно сначала устранить статическую, а затем динамическую неуравновешенность.

Так как динамическая неуравновешенность содержит и статическую (но не наоборот), то выполнение операций по достижению динамической уравновешенности детали обеспечивает одновременно и статическую уравновешенность. В деталях, в которых не может быть большого плеча пары сил, их динамическая неуравновешенность меньше статической и достаточно выполнить статиче-

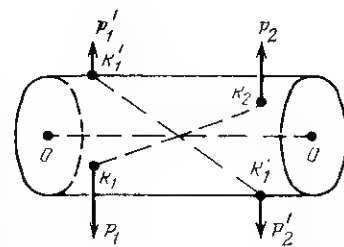


Рис. 115. Схема динамической неуравновешенности деталей

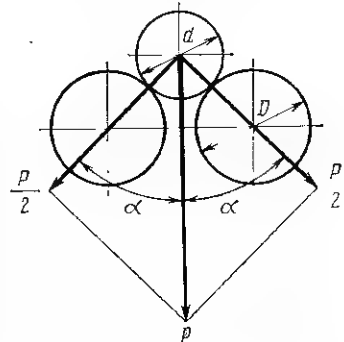


Рис. 116. Схема статической балансировки на роликах

скую балансировку. В массивных деталях и протяженных (якорь тягового двигателя, карданный вал) динамическая неуравновешенность больше статической и для них необходимо производить динамическую балансировку.

Статическую неуравновешенность детали устраняют, добавляя или удаляя дополнительную массу с тем, чтобы центр тяжести детали совпал с осью ее вращения. Величину и месторасположение этой массы определяют опытным путем во время балансировки. Статическая балансировка деталей ведется на параллелях, представляющих собой горизонтально расположенные призматические опоры, или на роликовых опорах со свободно вращающимися дисками. Точность балансировки в последнем случае зависит от отношения диаметра d шейки детали к диаметру D диска роликов (рис. 116). Чем меньше это отношение, тем выше точность балансировки.

Деталь, установленная на призмах или дисках для статической балансировки, под влиянием вращающего момента $M_k = Q_1 r_1$ повернется в нижнее положение стороны с весом неуравновешенной массы Q_1 , отстоящей от оси вращения на расстояние r_1 . Уравновешивающий груз Q_2 должен быть расположен от оси вращения на расстоянии r_2 с тем, чтобы деталь пребывала в состоянии безразличного равновесия. Это будет достигнуто при соблюдении равенства $r_1 Q_1 = r_2 Q_2$, следовательно,

$$Q_2 = Q_1 r_1 / r_2.$$

Необходимая точность статической балансировки на параллелях достигается при длине призм, равной $(2 \div 2,5) \pi d$, и ширине поверхности призмы

$$b = 0,35 PE / (\sigma^2 d) \text{ см,}$$

где P — усилие, действующее на призмы, кгс (Н); E — модуль упругости материала призм, кгс/см² (Н/м²); σ — допускаемое напряжение на сжатие материала призм и шейки (обычно $\sigma = (2 \div 3) 10^4$ кгс/см²).

При наличии возмущающей пары сил для устранения динамической неуравновешенности необходимо подбор величины и расположения дополнительных масс, которые ликвидируют проявление возмущающей пары сил, и деталь станет статически и динамически уравновешенной.

Статически отбалансированная деталь путем разнесения диаметрально расположенных неуравновешенных масс Q_1 и Q_2 вызовет во время вращения центробежные силы P_1 и P_2 , образующие пару сил, дополнительно нагружающих узлы сопряжения вращающихся деталей. Динамическая балансировка выполняется на специальных стендах с подвижными опорами для установки шеек балансируемой детали. С помощью уравновешивающих грузов создается дополнительная пара сил.

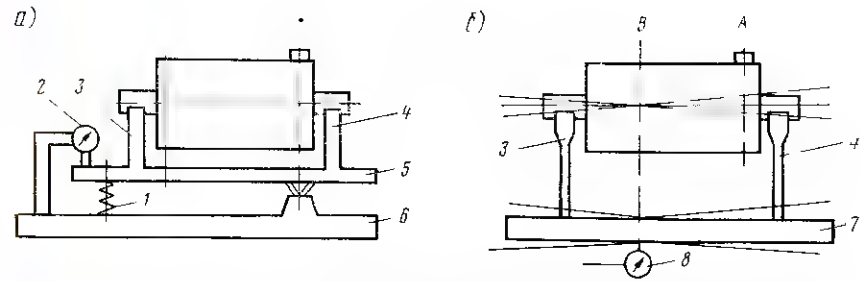


Рис. 117. Принципиальная схема механических балансировочных станков: а — колебание рамы станка происходит относительно плоскости А; б — колебание рамы станка происходит относительно плоскости В; 1 — пружина; 2 — амплитудометр; 3, 4 — опоры; 5 — подвижная рама; 6 — станина; 7 — рама; 8 — индикатор

Принудительно вращая деталь, в зависимости от амплитуды колебаний опор, вызванных действием центробежных сил и их моментов, по прибору определяют величину и месторасположение добавочных масс, вызывающих появление пары сил, уравновешивающих возмущающую пару сил балансируемой детали. Схема действия балансировочного устройства показана на рис. 117.

Балансировка быстроизнашивающихся деталей после значительного ремонта является важной и необходимой технологической операцией, повышающей работоспособность и долговечность узла или агрегата.

57. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТИ

Принятой системой плано-предупредительного ремонта предусмотрено устранение в текущем ремонте (заявочном) причин, вызвавших отказ в работе узлов, аппаратов, агрегатов, механических и электрических связей трамвая и троллейбуса.

В тех случаях когда причина отказа определяется однозначно, поиск возникшей неисправности, не представляет больших затруднений. Ремонтный персонал депо, имеющий опыт эксплуатации трамвая или троллейбуса, легко ориентируется в причинах, и следствиях отказа в работе того или иного узла или агрегата. Отказ в работе системы может возникнуть вследствие неисправности того или иного элемента. Поиск места повреждения начинают с наименее надежных элементов. Степень надежности элементов определяется на основании статистических данных, накопленных в результате опыта эксплуатации.

В кинематическую или электрическую цепь входит несколько узлов или аппаратов (элементов).

Практика ремонта показывает, что даже если известен уровень вероятности отказа элементов цепи, целесообразно сначала проверить узлы, не требующие для этого больших затрат времени и тру-

да, а затем, если неисправность не установлена, узел, проверка которого сопровождается значительными затратами времени и труда. Следовательно, схема поиска неисправностей основывается на статистических данных об отказах, характеризующих уровень вероятности отказа того или иного узла или аппарата, и времени (затраты труда), необходимого на определение неисправности.

Сложность конструкции и электрических схем подвижного состава непрерывно растет, что не позволяет полагаться только на опыт ремонтного персонала, а требует упорядоченного (схемного) подхода к поискам неисправности. Такой подход особенно необходим на подвижном составе, имеющем тиристорно-импульсное регулирование скорости.

В руководствах по устройству и эксплуатации обычно указывают признаки нарушения функционирования оборудования, возможные неисправности, способы их устранения. Но так как конкретному признаку нарушения функционирования могут соответствовать несколько неисправностей, то поиск их может стать более трудоемкой операцией, чем устранение самой неисправности. Поэтому для поиска неисправностей в сложных устройствах необходимо пользоваться определенным методом, определенным порядком позволяющим установить наиболее целесообразную последовательность контрольных проверок для отыскания неисправностей. Рациональный путь поиска неисправностей должен обеспечить наименьшую затрату времени на эти операции.

Чтобы установить наиболее целесообразную последовательность проверок, необходимо пользоваться той информацией об отказах, которая накапливается в эксплуатационном предприятии при устранении неисправностей. Существующие методы использования такой информации основываются на том, что, если возникла неисправность, то создалась какая-то начальная неопределенность вследствие того, что из множества возможных неисправностей цепи случайно возникла именно эта одна на конкретном элементе. Тогда при поиске неисправности в цепи, состоящей из нескольких элементов, каждая отдельно выполняемая контрольная проверка дает информацию, позволяющую уменьшить возникшую неопределенность (энтропию). Действительно, если в цепи имеются три элемента и каждый из них мог оказаться неисправным, то после первой контрольной проверки, установившей, что проверяемый элемент исправен, неопределенность уменьшится, так как стало известно, что неисправным может быть один из оставшихся двух элементов.

В том случае когда в результате контрольной проверки одного или нескольких элементов цепи установлена неисправность, результат принято считать положительным, в противном — отрицательным. Вероятность получения положительного результата может быть установлена заблаговременно, так как собранная в процессе эксплуатации информация позволяет определить относительную вероятность неисправности каждого из элементов цепи, для которой затем будет определяться наиболее целесообразная после-

довательность контрольных проверок (например, из опыта выяснено, что 1-й элемент отказывает в 60 случаях из 100, 2-й — в 25 и 3-й — в 15).

Следовательно, вероятность положительного результата каждой контрольной проверки тем выше, чем выше вероятность отказа контролируемого элемента цепи, и равна сумме вероятностей неисправностей тех элементов, которые не были охвачены данной контрольной проверкой. Если предварительно подсчитать убыль неопределенности, которая наступает после каждой контрольной проверки, то наиболее целесообразной последовательностью контрольных проверок будет та, которая обеспечивает наибольшую убыль неопределенности (энтропии). Большую убыль неопределенности дает контрольная проверка элемента, имеющего наибольшую вероятность отказа.

В цепи, состоящей из двух элементов с равной вероятностью неисправного состояния (вероятность отказа равна 0,5, или 50%), контрольная проверка любого элемента даст наибольшую убыль неопределенности. Если вероятность появления неисправности в одном из двух элементов цепи значительно выше, чем в другом, то контрольную проверку, казалось, надо бы начинать с этого элемента. Однако безразлично, подвергается контрольной проверке элемент 1 или 2 (рис. 118), так как проверка любого из них дает однозначный ответ о местонахождении неисправности. В таком случае определяющим фактором является время, которое требуется затратить на контрольную проверку: проверять следует тот элемент, для которого это время меньше.

Таким образом, необходимо соблюдать два условия: убыль неопределенности в результате контрольной проверки должна быть как можно больше, а время, затраченное на выполнение контрольной проверки, как можно меньше.

Следовательно, каждую контрольную проверку можно характеризовать показателем эффективности:

$$\theta = \Delta H : T,$$

где ΔH — убыль неопределенности в результате конкретной контрольной проверки (рассчитывается на основе обработки информации по отказам, собранной в эксплуатационных условиях); T — время, затраченное на проведение контрольной проверки (определяется из опыта).

В качестве более сложного примера рассмотрим электрическую цепь, изображенную на рис. 119, в нее входят четыре элемента: диод 1, дроссель 2, резистор 3, транзистор 4. Неисправность любого из этих элементов необходимо определить контрольной проверкой при наименьшей затрате времени.

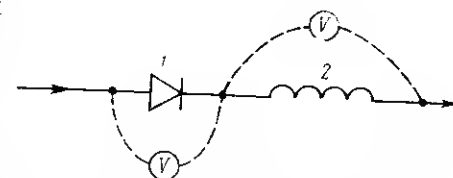


Рис. 118. Схема проверки электрической цепи

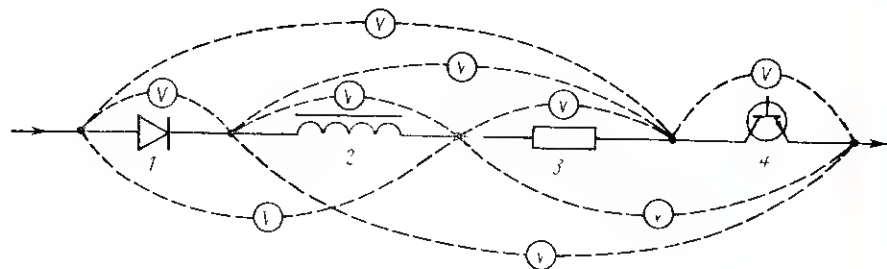


Рис. 119. Схема вариантов поиска неисправностей

Как видно из рис. 119, существует девять вариантов контрольных проверок и каждый из них может подтвердить, что либо один из элементов исправен и тогда неисправность содержится в одном из трех других, либо один из элементов неисправен и тогда три других элемента исправны, либо цепь с двумя или тремя элементами содержит или не содержит неисправность. Если в результате первой контрольной проверки обнаружен неисправный элемент, то на этом контрольная проверка закончится. Если проверяемый элемент исправен, то необходимо выполнять дальнейшие контрольные проверки.

Выбираемый вариант контрольных проверок должен обладать наибольшей целесообразностью, определяемой показателем эффективности. Проверив элемент, имеющий наибольший показатель эффективности, и получив отрицательный результат, необходимо сделать следующую контрольную проверку. Для этого из схемы исключают элемент, прошедший контрольную проверку, и определяют для оставшихся их показатели эффективности. При схеме с четырьмя элементами, как ясно из рис. 120, для определения неисправного элемента не требуется более трех контрольных проверок; при этом информационная диаграмма поиска неисправности в такой цепи будет выглядеть, как показано на рис. 120. В тех

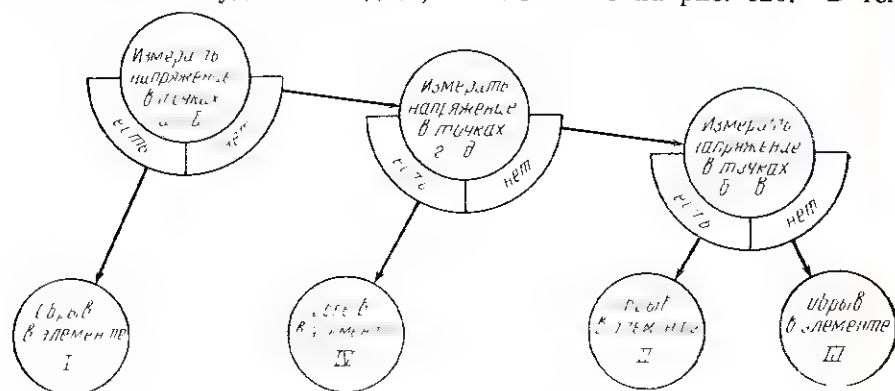


Рис. 120. Информационная диаграмма

случаях когда в схеме значительно больше элементов, наличие информационной диаграммы поиска позволяет вести контрольные проверки с наиболее целесообразной последовательностью, что значительно снижает затраты времени и труда.

Последовательность поиска неисправности может не совпадать с информационной диаграммой в тех случаях, когда имеется новая, дополнительная информация, которая была не учтена при составлении информационной диаграммы. Если это информация типа «Резистор по неосторожности поврежден» (за основу взят рис. 119), то необходимость использовать информационную диаграмму и соблюдать последовательность поиска отпадает. Если эта информация «В цепи используется резистор другого типа», то необходимо произвести дополнительные вычисления для определения показателей эффективности и при необходимости произвести корректировку информационной диаграммы, чтобы последовательность поиска была приведена в соответствие с изменившимся показателем эффективности контрольных проверок.

Эксплуатационные предприятия могут создать стенд с набором информационных диаграмм, что позволит быстро определять последовательность поиска неисправностей. Создание информационных диаграмм способствует росту квалификации работающих и помогает определить направление технического совершенствования для элементов конструкции подвижного состава, показатель эффективности проверок у которых значителен.

58. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В эксплуатационных условиях большая часть неисправностей обнаруживается только тогда, когда они проявляются явно или значительно. Неисправности, ведущие к незначительному увеличению расхода электроэнергии на движение, износу базовых и сменных деталей, снижению эффективности тормозных систем, могут быть не замечены водителями или ремонтным персоналом. Если же квалифицированный рабочий или опытный водитель все же смог выявить отклонение от нормы характеристик узла или агрегата до наступления неисправности или отказа в работе, то необходимо ремонтное вмешательство, не предусмотренное системой планово-предупредительных ремонтов. Для обнаружения неисправностей на ранних стадиях, предотвращения дефектов и отказов в эксплуатационных условиях, прогнозирования времени выполнения соответствующих ремонтных операций и профилактического обслуживания необходим контроль технического состояния узлов, агрегатов и аппаратов средствами диагностики.

Процессы изменения технического состояния узлов, аппаратов и агрегатов трамвая и троллейбуса представлены в табл. 11.

Так как изменения технического состояния неизбежны, то узлы, агрегаты и аппараты подвижного состава следует постоянно

Изменения состояния аппаратов и узлов

Вид потребляемой энергии	Побочные проявления, сопровождающие использование энергии	Постепенные изменения	Внезапные изменения
Электрическая	Электрохимические	Сульфатация, подгары, выжиги, окисления	Пробой изоляции, замыкания, разрыв электрической цепи
Механическая	Износ	Изменение размеров и форм; нарушение сопряжений и регулировок	
Тепловая	Тепло химические	Коробление, коррозия, высыхание, замораживание	Прогары, выплавления, заедания
Давление жидкости или воздуха	Физико-механические	Изгиб, биение	Трещины, изломы, обрывы
	Гидропневматические	Утечки	Проколы, нарушение герметичности

контролировать, что вызывает необходимость внедрения на предприятиях ГЭТ средств технической диагностики.

Непрерывный рост сложности конструкции подвижного состава вызывает ужесточение норм, допусков и технических требований. Следствием этого является увеличение числа необходимых регулировок и контрольно-профилактических операций и в то же время числа факторов, оказывающих влияние на работоспособность того или иного узла. Рост сложности технических устройств требует повышения квалификации обслуживающего персонала и затрат времени на поиск неисправностей и их устранение.

Интуитивные методы и индивидуальные профессиональные способы оценки технического состояния узла или агрегата малоэффективны, часто не объективны. Наиболее точную оценку дает техническое диагностирование с помощью специальных устройств.

При этом без разборки агрегатов и узлов можно установить необходимый объем ремонта, технического обслуживания и регулировки.

Техническое диагностирование ведется по признакам, несущим информацию о техническом состоянии. Оценить техническое состояние диагностируемого объекта можно путем сравнения его с состоянием эталонного объекта. Однако для городского электрического транспорта еще не установлен ни эталонный объект, ни строго очерченная математическая модель его состояния.

Задачами систем диагностики применительно к техническому состоянию подвижного состава ГЭТ являются:

оценка в данный момент времени соответствия состояния узла или агрегата техническим требованиям, т. е. оценка его работоспособности в момент контроля;

предсказание состояния, в котором окажется узел или агрегат после некоторого времени работы, т. е. прогнозирование технического состояния объекта на основе законов изменения его технического состояния в процессе работы, выявленных в результате изучения и определения прогнозирующих параметров (длительность работы, циклы нагружения, пробег);

определение технического состояния, в котором находился агрегат или узел в прошлом, в некоторый интересующий нас момент времени (пробега), предшествующий диагностическому обследованию, т. е. определение на основе соответствия установленным законам изменений, происходящих в узлах и агрегатах в процессе нормального режима эксплуатации.

Одной из сопутствующих задач, решаемых средствами технической диагностики, является поиск неисправности. Выявить неисправную деталь или место неисправности, а возможно и причину возникновения ее — цель первостепенной важности при обследовании сложных устройств, таких, например, как система тиристорно-импульсного регулирования скорости движения троллейбусов и трамваев. Разборка узла исправного или неисправного, но сохраняющего работоспособность (при интуитивном поиске неисправности) наносит часто больший ущерб, чем тот, который был бы при работе с имеющейся неисправностью узла или агрегата до его отказа или поступления на плановый ремонт.

Как правило, техническое состояние сложного агрегата или подвижного состава в целом определяется совокупностью параметров (физических величин), значимость каждого из которых различна. Поэтому выделяется один или несколько основных параметров из общей совокупности, определяющих техническое состояние агрегата, и устанавливаются их предельные значения, выход за которые может привести к отказу. Диагностическими считают основные параметры функционирования или технического состояния объекта. Эти параметры должны содержать необходимую для диагностики информацию или, как говорят, диагностические признаки, которые можно оценить количественно, т. е. измерить. По мере изменения технического состояния диагностические параметры могут либо увеличиваться (электрическое сопротивление, уровень шума, вибрация, температура), либо уменьшаться (давление масла, уставка аппарата, ускорение).

Возможность непосредственного измерения основных параметров весьма ограничена, поэтому практически всегда пользуются косвенными методами измерения основных и сопутствующих параметров, сопровождающих процесс функционирования.

Основная функция диагностических средств — измерение диагностических параметров. Разрабатывают методы для измерения

диагностических параметров при работе обследуемой машины (узла) в заранее заданном режиме. Полученные результаты обрабатываются оператором или логическим устройством. Приемлемыми методами можно считать те, которые позволяют измерить параметры рабочих процессов (сопротивление электрической цепи, мощность, уровень шума, тормозные силы и т. д.) либо сопутствующих процессов (уровень изменения шума, нагрева поверхности и т. д.), или же геометрические параметры. Причем каждый из методов диагностики должен быть уточнен, приспособлен применительно к конкретным агрегатам, узлам и устройствам. Целесообразность практического применения того или иного метода и соответствующих средств диагностики можно оценить точностью измерения, технологичностью операций диагностирования и экономической эффективностью внедрения.

Точность и экономическая эффективность определяются показателями надежности, а технологичность — простотой и удобством пользования методами и средствами диагностирования, стабильностью их действий и приспособленностью к конкретным условиям технической эксплуатации.

Применяют функциональный метод технической диагностики (узел или агрегат при проверке правильности его функционирования или поиске неисправностей — находится в рабочем состоянии) или тестовый (при неработающих узлах и агрегатах ведется проверка исправности, работоспособности или поиск неисправностей). Совместное применение функционального и тестового методов повышает значение и результативность диагностики.

При тестовом методе на вход системы подают в определенной последовательности специально подобранные сигналы. В результате воздействия этих сигналов, как реакции на них, появляются соответствующие выходные сигналы. Сравнивая выходные сигналы с ожидаемыми (теоретически предсказанными), которые должны появиться на выходе системы, если она функционирует нормально, можно определить отклонения в работе (отступления от режима, нарушение функционирования, неисправность и т. д.). Тестовый метод диагностики по определенной программе позволяет произвести контроль состояния и функционирования системы за несколько минут.

Широкое распространение при технической диагностике получил акустический метод, когда по характеру шума определяют поврежденную деталь, возможный срок дальнейшей ее эксплуатации и оптимальный способ ремонта. Акустический шум, возникающий при работе машины, несет в себе информацию о ее техническом состоянии.

Сравнивая спектральные составы шума эталонного агрегата и испытываемого, можно установить степень отклонения режима работы последнего от эталонного, т. е. решить задачу технической диагностики.

При виброакустическом методе определяют изменение зазора в сопряженных деталях. Для этого в выделенном спектре колеба-

ний замеряют энергию вибрации и устанавливают место дефекта и его величину (зазор в сопряжении).

При диагностировании по толщине масляной пленки в сопряжении замер ведут вольтметром:

$$U = U_1 + U_2 + U_3,$$

где U — показания вольтметра; U_1 , U_2 , U_3 — замеренное напряжение соответственно на масляной пленке, в проводниках, сопряженных деталях.

Если масляная пленка разрушается, то $U = U_2 + U_3$, что позволяет определить состояние сопряжения.

Эффективность технического диагностирования обеспечивается приспособленностью конструкции узлов и агрегатов троллейбуса и трамвая к диагностическому обследованию, их высокой ремонтопригодностью: устранение выявленной неисправности не должно быть более сложным и трудоемким, чем ее поиск. Все это закладывается на стадии проектирования. Средства, с помощью которых осуществляется техническая диагностика, целесообразно проектировать параллельно с разработкой конструкции подвижного состава. Приспособление действующей конструкции к диагностическому обследованию и создание комплекса соответствующего оборудования — очень трудоемкие и дорогие работы, поэтому необходима объективная, строго аргументированная оценка их технико-экономической целесообразности.

Средствами технической диагностики являются контрольные и измерительные приборы, инструменты, стенды и их сочетания, обеспечивающие сбор достаточной информации о техническом состоянии контролируемого узла или агрегата. Для контрольно-диагностического обследования механического оборудования троллейбуса могут быть рекомендованы следующие стенды:

силового типа с беговыми барабанами и балансирно подвешенным нагрузочным устройством (рис. 121, а); инерционный с беговыми барабанами и маховиками, имитирующими силу инерции поступательно движущейся массы троллейбуса (рис. 121, б);

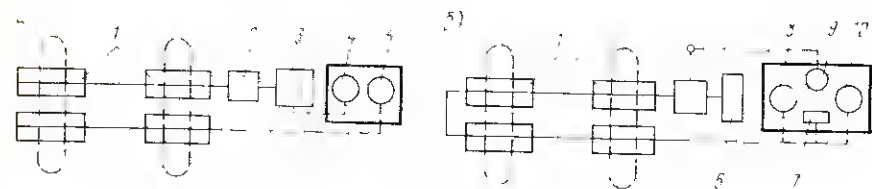


Рис. 121. Принципиальные схемы стендов силового типа (а) и инерционного (б):

1 — беговые барабаны; 2 — редуктор; 3 — балансирно подвешенное (гидравлическое или индукторное) нагрузочное устройство; 4 — измеритель силы тяги; 5 — измеритель скорости; 6 — инерционные массы (маховики); 7 — измеритель пути (времени) работы на пусковых позициях; 8 — измеритель ускорения беговых барабанов; 9 — измеритель реактивного момента; 10 — тахометр для замера частоты вращения беговых барабанов

такого типа стенды позволяют контролировать параметры мощности или силы тяги, а также потери в агрегатах трансмиссии;

с двумя свободно перемещающимися площадками в поперечном направлении (рис. 122, а);

с двумя принудительно вращаемыми беговыми барабанами (рис. 122, б);

с контактным валиком, находящимся между принудительно вращаемыми беговыми барабанами (рис. 122, в);

с площадками, которые имеют возможность перемещаться на расстояние, пропорциональное тормозным силам, возникающим при торможении троллейбуса (рис. 123, а);

роликовый силовой для измерения сопротивления вращению колес при их торможении (рис. 123, б);

тормозной с беговыми барабанами и измерителями реактивной силы (рис. 123, в);

тормозной для определения тормозного момента при раскрутке колеса (рис. 123, г).

Стенды, выполненные по схемам рис. 121, позволяют контролировать мощность и силу тяги, а также потери в агрегатах трансмиссии. С помощью стендов, выполненных по схемам рис. 122, можно измерять осевое смещение площадки, барабана или валика под воздействием боковых сил и тем самым контролировать правильность установки управляемых колес. С этой целью применяют и оптический стенд с зеркальным отражателем и оптико-электрическими приборами, укрепляемыми на колесах ведомого моста и проектирующими углы установки колес на экраны.

Стенды, схемы которых приведены на рис. 123, служат для определения тормозного момента, тормозных сил, углового замедления или реактивного момента, возникающего при торможении.

В Московском энергетическом институте (МЭИ) и Харьковском институте инженеров коммунального строительства (ХИИКС)

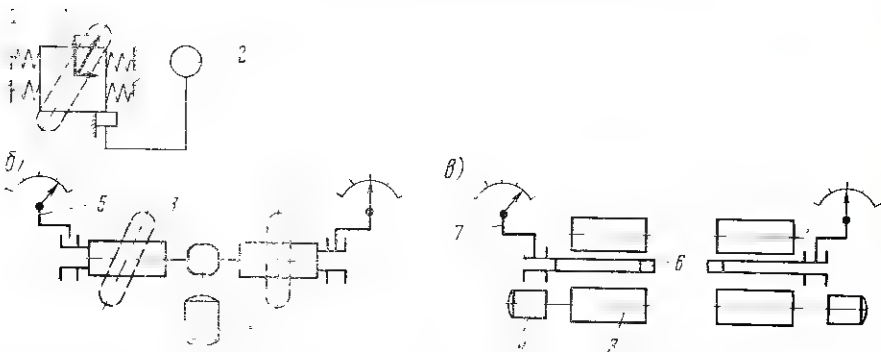


Рис. 122. Принципиальные схемы стендов для контроля правильности установки управляемых колес:

1 — плавающие площадки; 2 — измеритель боковой силы; 3 — беговые барабаны; 4 — электрический привод; 5 — измеритель бокового смещения барабанов; 6 — контактный валик; 7 — измеритель осевых смещений валика

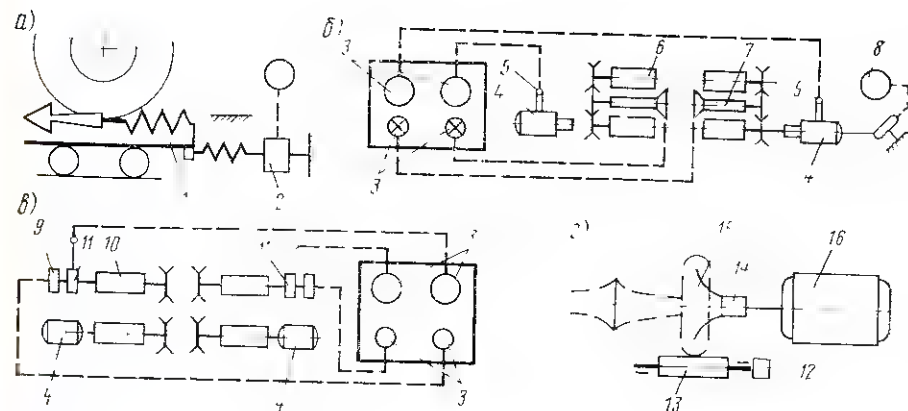


Рис. 123. Принципиальные схемы стендов для определения параметров процесса торможения:

1 — платформа; 2 — измеритель перемещений; 3 — измеритель тормозных сил; 4 — электрический привод барабанов; 5 — датчик информации; 6 — беговые барабаны; 7 — контактные валики; 8 — измеритель давления на педаль тормоза; 9 — маховики, имитирующие поступательное движение массы троллейбуса при торможении; 10 — тормозные барабаны; 11 — измеритель реактивной силы; 12 — измеритель пути торможения; 13 — поддерживающий башмак; 14 — приводное устройство; 15 — колесо троллейбуса; 16 — электродвигатель

разработаны опытные контрольно-диагностические стенды для оценки тяговых характеристик троллейбуса и трамвая.

Средства технической диагностики, отвечающие требованиям, предъявляемым к ним эксплуатационными предприятиями, должны позволять контролировать все основные параметры, характеризующие работоспособность узла или агрегата. Программа диагностирования ограничивается пределами эксплуатационной необходимости и составляется так, чтобы можно было избежать значительного числа подключений аппаратов, приборов и механизмов. Однако при этом желательно осуществлять большое число переключений, которые возможно не только механизировать и автоматизировать, но и запрограммировать, что снижает трудоемкость диагностического обследования. Результаты (информация) технического диагноза должны выдаваться в зафиксированном виде (картограммы, перфокарты, таблограммы и т. д.).

Диагностирование подвижного состава может быть общим или элементарным, т. е. может производиться для достижения локальных целей (обследованию подвергаются только узлы и детали, обеспечивающие безопасность движения) либо для оценки работоспособности троллейбуса или трамвая по всем основным параметрам. В зависимости от поставленной цели применяется та или иная форма диагностического обслуживания — специализированные посты по объектам или комплексные станции для общего обследования. Специализированные посты могут быть расположены отдельно или встроены в поточную линию.

Перспективными являются бортовые системы технической диагностики (расположены в кабине троллейбуса или трамвая). При

этом водитель может получать информацию о ресурсе работоспособности узлов и агрегатов управляемой им единицы подвижного состава.

Внедрение средств технической диагностики в практику эксплуатационных дел обеспечивает повышение эффективности производства.

Экономическую эффективность технической диагностики можно оценить, сопоставляя затраты на эксплуатацию подвижного состава с дополнительными затратами на выполнение диагностики. Снижение эксплуатационных затрат при внедрении диагностики обусловлено уменьшением объема текущего ремонта, расхода запасных частей, затрат труда, повышением производительности труда, увеличением коэффициента технической готовности и долговечности использования подвижного состава; затраты на диагностику обусловлены расходами на диагностическое оборудование и эксплуатационными затратами на его использование.

Диагностика технического состояния подвижного состава как одно из важнейших средств совершенствования технического обслуживания имеет широкие перспективы.

59. КОНТРОЛЬ ТОКОВ УТЕЧКИ ТРОЛЛЕЙБУСА

На современных троллейбусах возможно возникновение токов утечки на кузов, что опасно для пассажиров и ремонтного персонала. Повышение качества изоляционных материалов, используемых в оборудовании троллейбуса, расположение в одном месте всего высоковольтного оборудования и другие мероприятия не исключают полностью возможность появления токов утечки на кузов, которые могут возникнуть при ухудшении изоляции вследствие старения, атмосферных воздействий и т. д.

Испытательное устройство контактного типа построено на принципе сравнения тока уставки прибора ПСТ-3А (рис. 124) с током утечки на троллейбусе. Появления сигнала (светового и звукового) о превышении токов утечки над током уставки свидетельствует о нарушении или ухудшении изоляции электрических цепей троллейбуса; поиск места повреждения осуществляется поэлементной проверкой отдельных электрических цепей.

При бесконтактной системе контроля состояния изоляции токопроводящих цепей троллейбусов используют приемный контур, расположенный в дорожном покрытии. Этот контур изолирован от дорожного полотна и выступает над его плоскостью на 25 мм. Троллейбус, пересекая контур в рабочем режиме, при наличии токов утечки на корпус наводит в контуре э. д. с., наличие которой (определяется измерительными приборами) сигнализирует о неисправности изоляции электрических цепей троллейбуса. Однако такие проверки проводятся эпизодически.

Ток утечки можно определить, пользуясь расчетной схемой рис. 125 (отрицательная шина тяговой подстанции заземлена).

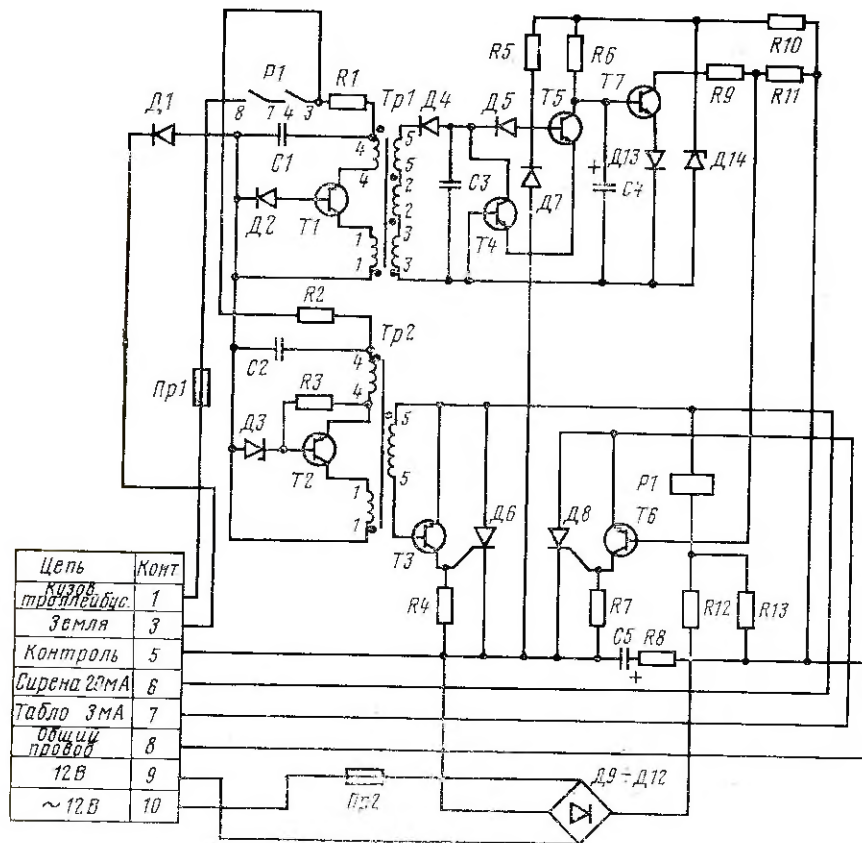


Рис. 124. Принципиальная электрическая схема прибора ПСТ-3А

Потенциал кузова троллейбуса относительно земли

$$\varphi_k = \left(\frac{U_c}{R_n} + \varphi_0 \frac{R_n + R_0}{R_n R_0} \right) : \left(\frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_{\text{ч}}} \right),$$

где R_n — сопротивление изоляции положительных цепей троллейбусов; R_0 — то же отрицательных цепей; $R_{\text{ч}}$ — сопротивление тела человека; U_c — напряжение в контактной сети в точке нахождения троллейбуса; φ_0 — потенциал отрицательного провода относительно земли в этой же точке.

В соответствии с расчетной схемой замещения рис. 125 на человека будет действовать ток утечки $I_y = \varphi_k / R_{\text{ч}}$ или с учетом того, что $R_{\text{ч}} \ll R_n$ и R_0 ,

$$I_y = \frac{U_c}{R_n} + \frac{\varphi_0}{R_n} + \frac{\varphi_0}{R_0}.$$

Практически все предлагаемые устройства защиты от токов утечки обеспечивают их отвод на отрицательную шину тяговой

подстанции. В одних случаях отвод осуществляется заземлителем кузова, который имеет контакт с землей, через дорожное покрытие или через металлический лист, уложенный в зоне остановочного пункта. Такие устройства дорогостоящие, ненадежные и имеют ограниченную возможность к использованию. В других случаях отвод осуществляется устройствами, присоединяющими кузов к отрицательному проводу. Но при этом ток утечки определяется величиной потенциала отрицательного провода, т. е. безопасность обеспечивается в пределах участка контактной сети с относительно низким потенциалом ϕ_0 . На всех остальных участках ток утечки может в несколько раз превышать предельно допустимый по условиям безопасности.

Известны схемы, обеспечивающие присоединение кузова к отрицательному проводу через компенсирующую аккумуляторную батарею. Но и в этом случае защитные функции ограничены потенциалом отрицательного провода.

Имеются устройства, сигнализирующие о наличии тока утечки, например индикатор тока утечки, включенный между кузовом и дорожным покрытием через заземлители.

Существуют схемы сигнализации, при которых кузов троллейбуса присоединяется к отрицательному проводу непосредственно через индикатор тока или через симметричную систему вентиля. Но и в этом случае замеряемый ток утечки определяется главным образом потенциалом отрицательного провода, т. е. местонахождением троллейбуса на линии.

Мостовые схемы и устройства с компенсирующей аккумуляторной батареей для сигнализации токов утечки, являясь системами непрерывного действия, обладают также рядом недостатков, ограничивающих возможность их широкого применения. В устройствах с компенсирующей аккумуляторной батареей показание индикатора зависит от местонахождения троллейбуса, от соотношения сопротивлений изоляции положительных и отрицательных цепей троллейбуса, а также от переходного сопротивления между шинами и дорожным покрытием и т. д.

Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова предложено сигнальное устройство, индикатор тока утечки которого включен между кузовом и отрицательным проводом последовательно с компенсирующим источником постоянного тока. Схема предусматривает поддержание напряжения компенсирующего источника на уровне потенциала отрицательного провода относительно земли с помощью однофазного подмагничиваемого трансформаторного регулятора (ПТР) с двойным подмагничиванием. Устройство (рис. 126) содержит статический преобразователь напряжения ПН, последовательный элемент подмагничиваемого трансформаторного регулятора $Tr2$, параллельный элемент регулятора

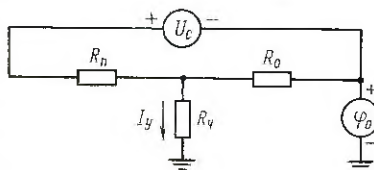


Рис. 125. Расчетная схема замещения для вычисления тока утечки

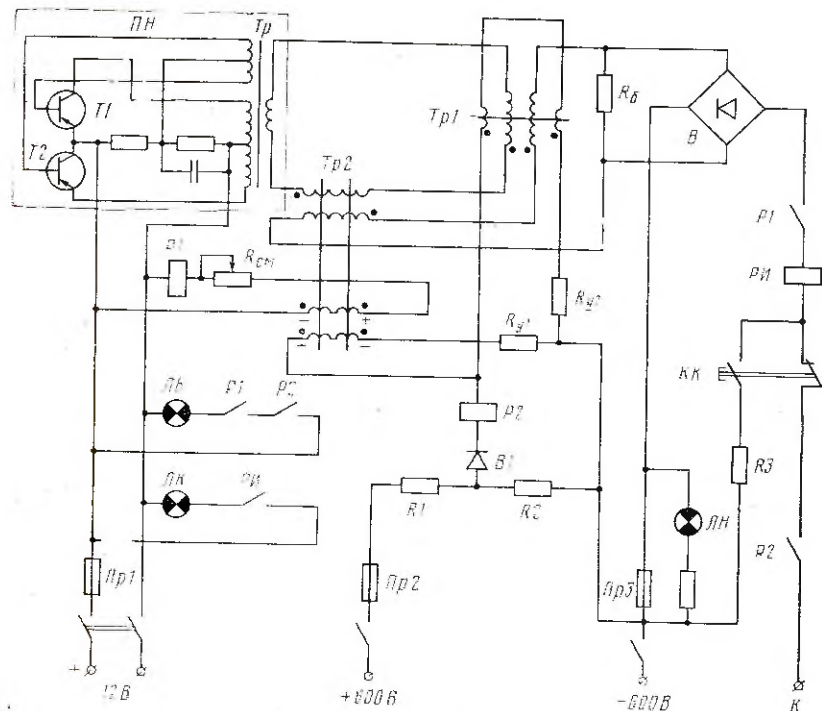


Рис. 126. Компенсационная схема сигнализации о токе утечки

$Tr1$, выпрямитель B , реле-индикатор тока утечки $РИ$, контрольные реле $P1$ и $P2$, сигнальные лампы $ЛК$, $ЛБ$ и $ЛН$, кнопки контроля $КК$, резисторы $R_{см}$, R_{y1} , R_{y2} , $R1-R3$, R_6 .

К входным зажимам прибора сигнализации тока утечки на корпус троллейбуса подводится напряжение 12 В и 600 В, а также шлейф K от корпуса троллейбуса. Прибор дает показание только при установленных на контактный провод штангах токоприемника. При включенном тумблере и рубильниках через обмотки реле $P1$ и $P2$ пойдет ток и они своими контактами подготовят прибор к работе по контролю токов утечки, о чем сигнализирует лампа $ЛБ$. Транзисторы $T1$ и $T2$ преобразователя ПН работают в ключевом режиме и во вторичной обмотке трансформатора Tr индуцируется э. д. с., которая подается на первичные обмотки трансформаторов насыщения $Tr1$ и $Tr2$. Если ток утечки превышает допустимый, то дестабилизируется компенсационная схема сигнализации и во вторичных обмотках трансформаторов $Tr1$ и $Tr2$ возрастет ток, в результате чего сработает реле $РИ$ и своим контактом включит сигнальную лампу $ЛК$. При полном пробое изоляции токоведущих цепей на корпус троллейбуса дополнительно загорается неоновая лампа $ЛН$. На троллейбус, возвратившийся в депо из-за появления токов утечки, превышающих допустимое значение, устанавливается табличка «Осторожно, низкая изоляция».

Ефремов И. С., Гушо-Малков Б. П. Теория и расчет механического оборудования подвижного состава городского электрического транспорта. М., Высш. школа, 1970.

Ефремов И. С., Косарев Г. В. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта. М., Высш. школа, 1976.

Пролыгин А. П., Рабинович А. А. Электрооборудование подвижного состава городского электрифицированного транспорта. М., Транспорт, 1973.

Бондаревский Д. И., Кобзев В. М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта. М., Высш. школа, 1973.

Веклич В. Ф. Новые технические решения на городском электрическом транспорте. К., Будивельник, 1975.

Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. М., Машиностроение, 1968.

Дьячков А. К. Трение, износ и смазка в машинах. М., Изд-во АН СССР, 1958.

Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., Наука, 1964.

Иванов М. Д., Пономарев А. А., Иеропольский Б. К. Трамвайные вагоны Т-3. М., Транспорт, 1977.

Коган Л. Я., Корягина Е. Е., Белостоцкий И. А. Устройство и эксплуатация троллейбуса. М., Высш. школа, 1978.

От автора	8
---------------------	---

ГЛАВА I

Условия эксплуатации и показатели работы подвижного состава	5
---	---

1. Особенности эксплуатации трамвая и троллейбуса	5
2. Техничко-экономические показатели работы подвижного состава ГЭТ	9
3. Пути повышения эффективности эксплуатации подвижного состава ГЭТ	14
4. Техническая документация предприятий ГЭТ	16

ГЛАВА II

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава	21
--	----

5. Общие сведения	21
6. Система технического обслуживания и ремонта подвижного состава ГЭТ	22
7. Объемы технического обслуживания и ремонта подвижного состава	30
8. Организация технического обслуживания и ремонта	37
9. Методы организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава	40
10. Автоматизированные системы управления городским электрическим транспортом	44
11. Центр управления производством депо (ЦУП)	46
12. Основы расчета программы ремонта и технического обслуживания	50

ГЛАВА III

Эксплуатационные депо и ремонтные предприятия городского электрического транспорта	54
--	----

13. Трамвайные и троллейбусные депо	54
14. Структура и состав эксплуатационного депо	57
15. Основные сооружения, оборудование и устройства депо	61
16. Специализированные ремонтные предприятия городского электрического транспорта	71
17. Принципы технологической планировки производственных участков эксплуатационных депо	76
18. Примерная методика расчета численности работающих и рабочих мест	82
19. Охрана труда, техника безопасности и противопожарная техника на предприятиях ГЭТ	84

ГЛАВА IV

Основные факторы, определяющие надежность подвижного состава	92
--	----

20. Общие сведения о надежности	92
21. Отказы в работе и некоторые причины их возникновения	100

22. Износ деталей подвижного состава	105
23. Коррозия элементов конструкции подвижного состава	111
24. Старение материалов	113
25. Качество поверхности деталей	114
26. Зазоры и натяги в сопряжениях	116
27. Методы повышения долговечности деталей подвижного состава	119

ГЛАВА V

Основные способы восстановления деталей подвижного состава 123

28. Общие сведения	123
29. Восстановление деталей под ремонтный или начальный размер	124
30. Восстановление давлением	127
31. Восстановление сваркой и наплавкой	129
32. Восстановление металлизацией и электроискровой обработкой	135
33. Восстановление износостойким покрытием и напылением	140
34. Восстановление синтетическими материалами	146
35. Восстановление качества изоляции токопроводящих элементов подвижного состава	148
36. Способы повышения долговечности деталей улучшением физико-механических свойств поверхности	152
37. Выбор рационального способа восстановления	158

ГЛАВА VI.

Основы ремонта подвижного состава ГЭТ 160

38. Технологические принципы изготовления и восстановления деталей подвижного состава	160
39. Разборка узлов и агрегатов подвижного состава и подготовка их к ремонту	162
40. Ремонт кузова троллейбуса и трамвая	167
41. Ремонт основного механического оборудования	173
42. Ремонт основного электрического оборудования	185
43. Ремонт основного пневматического и гидравлического оборудования	197
44. Общие принципы сборки узлов и агрегатов	206
45. Сборка резьбовых соединений	209
46. Сборка соединений с натягом	211
47. Сборка соединений с зазором	215
48. Электромонтажные работы	217
49. Эксплуатация и ремонт шин троллейбуса	219
50. Защитная и декоративная окраска подвижного состава	226
51. Оценка удельного сопротивления движению трамвая и троллейбуса	232

ГЛАВА VII

Неразрушающий контроль качества 238

52. Основные методы контроля и испытаний	238
53. Инструментальный контроль	239
54. Дефектоскопия	243
55. Проверка качества ремонта подвижного состава	249
56. Балансировка деталей	252
57. Определение последовательности поиска неисправности	255
58. Техническая диагностика подвижного состава	259
59. Контроль токов утечки троллейбуса	266
Список литературы	270